



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA
UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE
COMPRA-VENTA A RED

Sara Subiza Betelu

Martin Ibarra Murillo

Pamplona, 24 de Julio de 2014

Índice

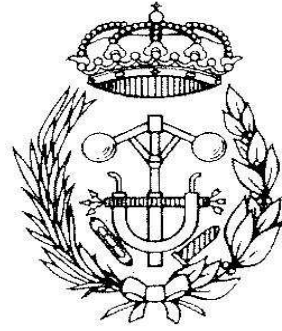
Documento 1. Memoria

Documento 2. Planos

Documento 3. Pliego de Condiciones

Documento 4. Estudio Básico de Seguridad y Salud

Documento 5. Presupuesto



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD
DE COMPRA-VENTA A RED

DOCUMENTO 1. MEMORIA

Sara Subiza Betelu

Tutor: Martin Ibarra Murillo

Pamplona, 24 de Julio de 2014

Índice

1. GENERALIDADES.....	4
2. OBJETO.....	5
3. ENERGIAS RENOVABLES.....	6
3.1. Energía solar.....	6
3.2. Energía solar fotovoltaica.....	7
3.2.1. Historia.....	7
3.2.2. Efecto fotovoltaico.....	8
3.2.3. Ventajas e inconvenientes de los sistemas fotovoltaicos.....	10
3.3. El sol.....	11
3.3.1. Radiación solar.....	12
3.3.2. Datos meteorológicos.....	13
3.3.2.1. Irradiación solar.....	15
3.3.2.2. Resultados obtenidos por el programa PVGIS.....	16
4. CLASIFICACION DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS.....	19
4.1. Instalaciones generadoras aisladas.....	19
4.2. Instalaciones generadoras asistidas.....	20
4.3. Instalaciones generadoras interconectadas o conectadas a red.....	20
4.3.1. Aplicaciones de los sistemas conectados a red.....	20
5. ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED.....	21
5.1. Célula solar.....	21
5.2. Panel fotovoltaico.....	24
5.3. Estructura soporte.....	24
5.4. Inversor.....	26
5.5. Equipos de medida.....	27
6. DIMENSIONADO DE LA INSTALACION.....	28
6.1. Emplazamiento de la instalación.....	28
6.2. Calculo de la superficie disponible.....	30
6.3. Orientación e inclinación de los paneles.....	31
6.3.1. Estudio de la inclinación y orientación de los módulos.....	32
6.4. Elección del modulo fotovoltaico.....	32
6.5. Elección de la estructura soporte.....	35
6.6. Elección del inversor.....	37
6.7. Calculo del numero de módulos fotovoltaicos.....	39
6.7.1. Configuración serie-paralelo de los módulos.....	39
6.8. Cableado.....	40
6.8.1. Sección de los conductores.....	40
6.8.2. Cableado corriente continua.....	41
6.8.2.1. Sección conductores de corriente continua.....	41
6.8.3. Cableado corriente alterna.....	42
6.8.2.2. Sección conductores de corriente alterna.....	42
6.8.4. Elección cableado.....	44

6.8.5. Elección tubo de protección.....	44
6.9. Puesta a tierra.....	45
6.9.1. Dimensionado de la puesta a tierra.....	46
6.10. Protecciones.....	47
6.10.1. Tipos de fallos de la instalación.....	47
6.10.2. Características de los elementos de protección.....	49
6.10.3. Elección de los elementos de protección.....	50
6.10.3.1. Protección en corriente continua.....	50
6.10.3.2. Protección en corriente alterna.....	53
7. CALCULO DE LA POTENCIA-ENERGIA GENERADA POR LA INSTALACION FOTOVOLTAICA.....	58
7.1. Calculo teórico de la energía generada por la instalación.....	58
7.2. Resultados obtenidos por el programa PVGIS.....	59
8. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	63
8.1. Introducción.....	63
8.2. Impacto ambiental de la instalación.....	64
8.2.1 Impacto ambiental durante la fabricación.....	64
8.2.2 Impacto ambiental durante el funcionamiento.....	64
8.3. Emisiones evitadas por el uso del sistema fotovoltaico.....	65
9. PLAN DE VIABILIDAD.....	67
9.1. Marco legal.....	67
9.2. Análisis factura eléctrica.....	68
9.3. Estudio de rentabilidad.....	69
10. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACION.....	76
11. RESUMEN PRESUPUESTO.....	76
12. CONCLUSIONES.....	76
13. BIBLIOGRAFIA.....	77
14. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROGRAMA PVSOL.....	79
14.1. Informe completo	
14.2. Gráficos	
14.2.1. Datos climáticos	
14.2.2. Energía	
14.2.3. Sistema	

1. GENERALIDADES

El consumo exponencialmente creciente de combustibles fósiles debido a la creciente demanda requerida para satisfacer metas económicas y sociales, ha desencadenado gran cantidad de problemas, que continuamente dan lugar a titulares en los medios de comunicación y que influyen de manera esencial en las vidas de los habitantes del mundo.

Esos problemas pueden calificarse en tres categorías que, estrictamente hablando, están relacionadas entre sí: en primer lugar, **problemas medioambientales**, como el calentamiento global debido, aparentemente, al efecto invernadero creciente provocado por el incremento en la concentración de CO₂ en la atmósfera, que se viene produciendo desde que comenzó la revolución industrial. También la lluvia ácida, la contaminación de grandes núcleos de población, cambio climático, destrucción de la capa de ozono... Sin olvidar que la sociedad poco a poco está padeciendo las consecuencias negativas de estos combustibles.

Una segunda categoría de problemas que, paradójicamente, pueden contribuir a resolver los anteriores son los **problemas de sostenibilidad**. Este tipo de cuestiones, relacionadas con el agotamiento de las fuentes energéticas tradicionales, entendiendo por tales, los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural, son de tanta actualidad como las medioambientales, en el momento presente, y vienen discutiéndose desde los años 70 del siglo pasado, en conjunción con los de agotamiento de las materias primas. Sin embargo, han perdido cierta credibilidad debido a los fracasos que se produjeron en las predicciones sobre el fin de las reservas de diversas materias primas realizadas. Desde entonces se han venido produciendo hallazgos de nuevos yacimientos de combustibles fósiles, que exigen una revisión cada cierto tiempo de las reservas comprobadas de que se dispone de los mismos.

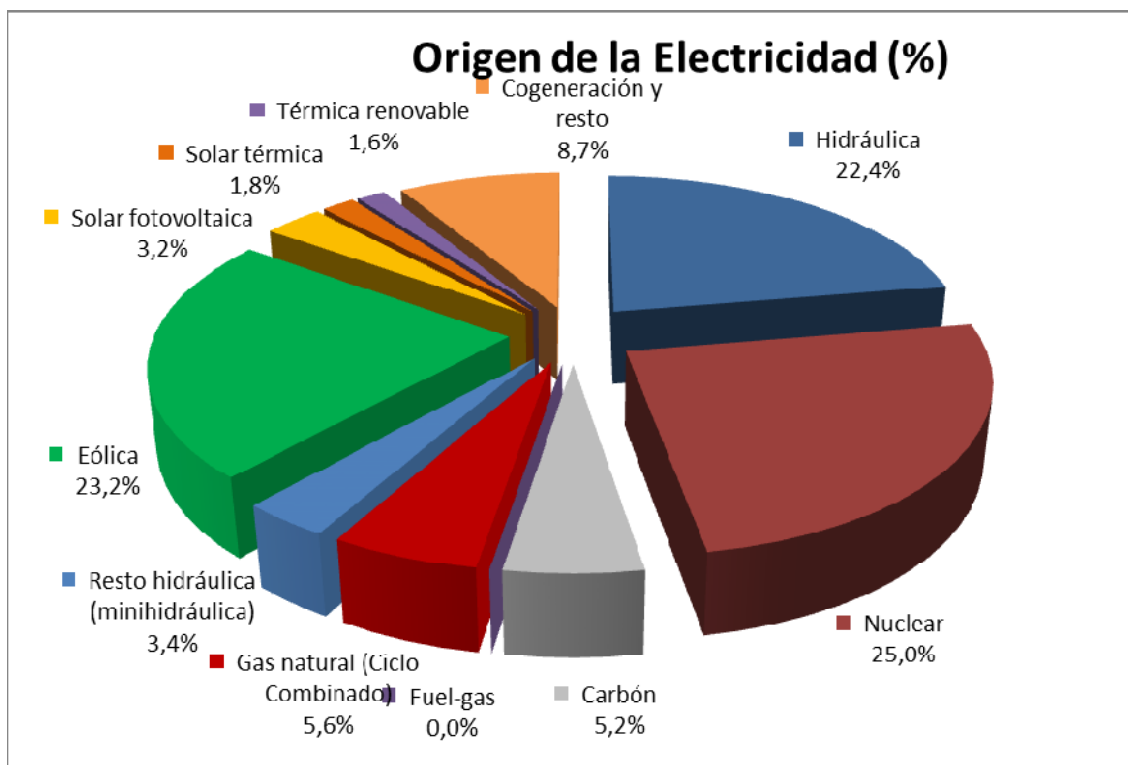
Finalmente, se habla de los **problemas sociales y políticos**, a que da lugar la dependencia externa que padecen, especialmente las sociedades llamadas "desarrolladas", con respecto a los combustibles fósiles. La localización de las fuentes energéticas en países externos es la causa de guerras y tensiones continuas.

Por estos problemas podemos decir que este sistema no es sostenible indefinidamente y han servido de estímulo al desarrollo de nuevos dispositivos y procesos así como de nuevas aplicaciones y ensayos experimentales.

Es por estos motivos por los que se deben desarrollar sistemas de producción de energía abastecidos por fuentes renovables, es el momento para un desarrollo sostenible.

Las renovables ya nos están permitiendo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la dependencia energética del exterior y la importación de combustibles fósiles. Además, han ayudado a crear muchos puestos de trabajo y a consolidar un sector empresarial especializado en energías renovables con un gran potencial para generar empleo en los próximos años.

Si queremos continuar la transición hacia un sistema sostenible basado al 100% en energías renovables, en el ahorro y en la eficiencia debemos prescindir progresivamente de las energías sucias y peligrosas, sustituyéndolas por renovables. Un sistema basado en el ahorro, la eficiencia, la inteligencia y en la producción eléctrica únicamente con energías renovables, limpias y seguras, es viable técnica y económicamente. Es la única solución para frenar el cambio climático a tiempo, siendo, además, muy deseable por los importantes beneficios ambientales, sociales y económicos que proporciona.



Origen de la electricidad por tecnologías. Fuentes REE y WWF

2. OBJETO

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño de una instalación fotovoltaica para una vivienda aislada con conexión a red, y la evaluación de la viabilidad tanto técnica como económica de la instalación.

Esta instalación estará situada en el tejado de una vivienda aislada, que se encuentra en el término municipal de Ariz (Navarra). El proyecto tiene como finalidad la autonomía energética de dicha vivienda y la posibilidad de compra-venta a red de la energía eléctrica.

El proyecto analiza las posibilidades que ofrece una instalación de energía solar fotovoltaica, formada por un conjunto de módulos fotovoltaicos sobreexpuestos al tejado de la vivienda. Se busca la optimización de las posibilidades del emplazamiento atendiendo a consideraciones técnicas, económicas y estéticas. Es de gran relevancia en el proyecto la búsqueda de la máxima integración de las instalaciones en el emplazamiento escogido, de manera que su posible afectación sea mínima.

A nivel técnico se exponen y analizan los diferentes elementos que integran la instalación para asegurar su correcto funcionamiento.

Este documento servirá de base tanto para solicitar la conexión a la compañía distribuidora de electricidad (Iberdrola Distribución), como para la inclusión de la instalación en el régimen especial y para cualquier otro tramite para el que sea necesario acreditar las características de la instalación.

La memoria técnica se ha redactado de manera que cumpla con las normativas de aplicación, la relación de estas ha sido incluida en el pliego de condiciones técnicas. Se adjuntan los planos y los esquemas eléctricos necesarios para la ejecución del proyecto.

3. ENERGIAS RENOVABLES

Podemos definir las energías renovables como aquellas que son inagotables desde el punto de referencia del periodo de existencia de la humanidad, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Fuentes de energías renovables son la radiación solar, la atracción gravitacional de la luna y el sol y el calor interno de la tierra. Debemos matizar el concepto de renovables afirmando que se refiere a ritmos de consumo no superiores a los de producción o generación de manera natural.

Existen diferentes fuentes de energías renovables según los recursos naturales utilizados para la generación de energía: Biomasa, eólica, geotérmica, hidráulica y solar. También son fuente de energía renovable: hidrogeno, mareas, olas del mar y océano y el proceso de fusión atómico.

3.1. Energía solar

La Energía solar, es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación, por ejemplo en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es una de las llamadas energías renovables particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde. La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud.

La radiación es aprovechable en sus componentes directa, difusa y reflejada o albedo o en la suma de las tres. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. Y la reflejada o albedo es la radiación solar tanto directa como difusa que se refleja en todas las superficies en las que incide.

La gran cantidad de energía proveniente del sol permite cubrir con holgura las necesidades de energía que se requieren en la tierra, si se contara con un método practico y razonable para captarla en los puntos de utilización deseados.

Además, sería necesario acumular la energía recibida durante la época de alta radiación, en la que la recepción supera la demanda para ser utilizada en la época de nula o baja radiación.

Los problemas técnicos que se plantean para el aprovechamiento de la energía solar son los siguientes:

- Gran dispersión de la energía solar sobre la tierra
- Carácter incontrolable y variable en el tiempo de la intensidad de la radiación solar

Para el aprovechamiento destinado a la aplicación de la energía solar es necesario realizar los siguientes procesos:

- Captación y concentración de la energía solar
- Transformación para su utilización
- Almacenamiento para satisfacer uniformemente la demanda con un tiempo de autonomía establecido
- Disponer de una fuente energética suplementaria disponible si se supera el tiempo de autonomía
- Transporte de la energía almacenada, para su utilización en los puntos de consumo

3.2. Energía solar fotovoltaica

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles o módulos fotovoltaicos.

Los paneles fotovoltaicos están formados por células fotovoltaicas o células solares. Estas células están formadas por una o varias láminas de material semiconductor y recubiertas de un vidrio transparente que deja pasar la radiación solar y minimiza las pérdidas de calor.

Las células convencionales se fabrican de silicio. Las fabricadas con este material son bastante eficientes, con unos rendimientos medios de 14-17%, aunque también más caras de producir por la alta dependencia en la disponibilidad del silicio. Se han empezado a utilizar otros materiales más baratos, denominándose estas células "de segunda generación", aunque sus rendimientos son menores (10-12%).

Una de las principales virtudes de la tecnología fotovoltaica es su aspecto modular, pudiéndose construir desde enormes plantas fotovoltaicas en suelo hasta pequeños paneles para tejados.

3.2.1. Historia

Aunque el efecto fotovoltaico era conocido desde el siglo XIX, fue en la década de los 50, en plena carrera espacial, cuando los paneles fotovoltaicos comenzaron a experimentar un importante desarrollo. Inicialmente utilizados para suministrar electricidad a satélites geoestacionarios de comunicaciones.

El efecto fotovoltaico fue reconocido por primera vez en 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel. Sus estudios sobre el espectro solar, magnetismo, electricidad y óptica son el pilar científico de la energía fotovoltaica. Aunque no fue hasta 1887 cuando Heinrich Hertz realizó las primeras observaciones con detalle del efecto fotoeléctrico. A pesar de ello, el efecto fotoeléctrico o fotovoltaico constituyó un misterio abierto para los científicos hasta que Albert Einstein en 1905 aportó una explicación al mismo, basando su formulación de la fotoelectricidad en una extensión del trabajo sobre los cuantos de Max Planck.

En 1883 el inventor norteamericano Charles Fritts construyó la primera celda solar, con una eficiencia del 1%. La primera celda solar fue construida utilizando como semiconductor el

Selenio con una muy delgada capa de oro. Debido al alto costo de esta celda se utilizó para sensores de luz en la exposición de cámaras fotográficas en vez de para la generación de electricidad.

La celda de Silicio que hoy día utilizan proviene de 1946 de la patente del inventor norteamericano Russell Ohl que fue construida en 1940.

La época moderna de la celda de Silicio llega en 1954 en los Laboratorios Bells. Accidentalmente experimentando con semiconductores se encontró que el Silicio con algunas impurezas era muy sensitivo a la luz. Estos avances contribuyeron a la producción comercial, lográndose una eficiencia del 6%.

La primera utilización práctica de la generación de energía con celdas fotovoltaicas fue en los dos primeros satélites geoestacionarios de URSS y USA.

La URSS lanzó su primer satélite espacial en el año 1957, y los EEUU un año después el 1 de Febrero de 1958, el satélite Explorer 1. En el diseño de este se usaron células solares creadas por Peter Iles en un esfuerzo encabezado por la compañía Hoffman Electronics. Este evento generó un gran interés en la producción y lanzamiento de satélites geoestacionarios para el desarrollo de las comunicaciones, en los que la energía provendría de un dispositivo de captación de la luz solar. Fue un desarrollo de gran importancia que estimuló la investigación buscando paneles cada vez más eficientes y motivó a la industria de tecnología. El primer mercado de los paneles fotovoltaicos fue entonces dirigido al sector aeroespacial.

Los resultados positivos de la misión Explorador 1 marcaron una pauta en el desarrollo de las comunicaciones y los paneles fotovoltaicos. La celda de Silicio entra en el escenario de la industria y empieza el desarrollo de tecnologías en la producción. El primer paso fue y aun lo es, buscar paneles más eficientes. Esto se logró en 1970, la primera célula solar con heteroestructura de arseniuro de galio (GaAs) y altamente eficiente se desarrolló en la Unión Soviética por Zhore Alferov y su equipo de investigación.

3.2.2. Efecto fotovoltaico

La tecnología fotovoltaica se basa en el fenómeno físico conocido como "efecto fotovoltaico". El efecto fotovoltaico es la conversión directa, en un dispositivo llamado célula fotovoltaica, de radiación electromagnética en corriente eléctrica.

Los materiales semiconductores son el soporte de la conversión fotovoltaica. La semiconductividad, cuando no es intrínseca o propia del material debido a su peculiar estructura electrónica, puede provocarse impurificando (dopando) un cristal de determinados elementos químicos puros con algún otro elemento químico que tenga electrones de valencia en cantidad inferior o superior al que forma el cristal. Así se forman los semiconductores extrínsecos.

El silicio dopado es el semiconductor más usado y comercializado hoy por hoy en el campo de la energía solar fotovoltaica.

El silicio tiene cuatro electrones de valencia preparados para formar enlace covalente con otros tantos átomos de silicio o con otro elemento químico compartiendo sus electrones. Si

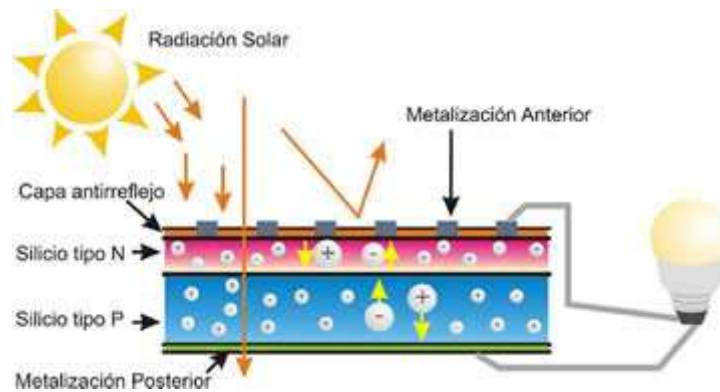
sumergimos un cristal de silicio en una atmosfera de fosforo, a determinadas condiciones de presión y temperatura, el fosforo se difunde por el cristal ocupando posiciones en la red cristalina y estableciendo enlaces con los átomos de silicio de su alrededor. Sin embargo el fosforo tiene cinco electrones preparados para formar enlace con los átomos del entorno, pero solo encuentra próximos a cuatro, de manera que cuando ocupa un lugar en la red cristalina del silicio, el quinto electrón, queda poco ligado -se dice que está en exceso-, esto quiere decir que se sitúa en niveles energéticos altos, son los niveles donadores. La incidencia de radiación solar aporta la energía suficiente para desligar completamente a este electrón y colocarlo en un nivel energético superior donde pueda moverse libremente por el material, si se expone a un campo eléctrico, lo que implica que el silicio se hace conductor en estas condiciones. Hemos descrito la formación de un semiconductor tipo n o negativo, es decir: con el electrón en niveles energéticos donadores.

Cuando la atmosfera a la que exponemos el cristal de silicio es de un elemento químico como el boro, que tiene solo tres electrones de valencia preparados para formar enlace químico, en los lugares donde se ubica el átomo de boro aparece una carencia del cuarto electrón necesario para compartir con los cuatro átomos de silicio de su alrededor, decimos que hay un hueco. Este hueco está situado en los niveles de energía llamados aceptores, porque aceptan ser ocupados por electrones. Hemos descrito la formación de un semiconductor tipo p o positivo, es decir con huecos aceptadores de electrones. Cuando un semiconductor tipo p se conecta a un circuito eléctrico y se le aplica un campo eléctrico aparece una conductividad debida al desplazamiento de los electrones de hueco en hueco en la dirección del polo positivo, o lo que viene a ser lo mismo, es como si los huecos se desplazaran en la dirección del polo negativo.

La célula fotovoltaica está formada por la "unión" de dos materiales semiconductores. Uno tipo n, con electrones en niveles de energía superiores poco ligados a los enlaces químicos entre átomos, y otro tipo p, con huecos o carencia de electrones en estos niveles. En la interfase entre el semiconductor tipo p y el semiconductor tipo n -unión p-n, o unión diodo-, aparece un polo positivo y un polo negativo. Se ha formado de este modo un campo eléctrico debido a la difusión de electrones desde la zona n, donde están los electrones más libres, hasta la zona p donde existen huecos. Lo anterior no quiere decir que la materia de un semiconductor tenga carga positiva o negativa según que estemos en la zona p o la n, la materia es neutra pues las cargas negativas de los electrones se compensan siempre con las positivas de los protones de los núcleos atómicos, lo que si aparece es una polaridad localizada en la interfase de la unión p-n.

En la célula solar la luz incide generalmente sobre una lamina de tipo n de un grosor muy fino y penetra suficientemente en el cristal para crear pares electrón-hueco en las proximidades de la unión con el cristal de tipo p. Por lo tanto, el grosor de la lamina superior influye en el rendimiento y deberá ser menor, por lo general, de 1 μ m.

Así, al irradiar la célula, la lamina de tipo n recogerá los electrones, mientras que la de tipo p recogerá los huecos de los pares creados estableciéndose entonces la diferencia de potencial dentro del cristal. Obtenemos la corriente eléctrica con un circuito que una eléctricamente las laminas tipo p y n.



Supongamos que un fotón (partícula que constituye un rayo solar) incide sobre la región de tipo p del material. Si el fotón incidente posee una energía térmica mayor que la energía mínima necesaria para romper un enlace del retículo del silicio será absorbido y con ello se creará una nueva pareja electrón-hueco. El efecto de la creación de esta nueva pareja será que el electrón liberado se traslada hacia la región tipo n a causa del potencial eléctrico. En cambio, si el fotón incide sobre la región tipo n, se generaría también una nueva pareja pero en este caso el hueco creado se moverá hacia la región tipo p.

Este flujo va a tener como consecuencia la acumulación de cargas positivas en la región tipo p y cargas negativas en la tipo n, dando origen a un campo eléctrico opuesto al creado.

3.2.3. Ventajas e inconvenientes de los sistemas fotovoltaicos

Ventajas:

- Fácil traslado e instalaciones muy sencillas, dado que está compuesto por elementos modulares
- La capacidad de los sistemas puede ser ampliado en forma sencilla, mediante el agregado de módulos a los paneles
- No requiere apenas mantenimiento durante su vida útil
- No cuentan con partes móviles, de modo que no tienen prácticamente desgaste
- No son contaminantes del medio ambiente
- Captan tanto la luz directa del sol como la difusa
- Ahorro en la factura eléctrica
- Independencia energética
- Abastecimiento a lugares donde no llega la red eléctrica

Inconvenientes:

- Energía de difícil almacenamiento
- Producción de energía variable según climatología del lugar y época del año
- Rendimiento obtenido y espacio de terreno ocupado
- Importante inversión inicial
- No es económicamente competitiva con otras energías actuales

3.3. El Sol

El sol es una fuente inagotable de recursos para el hombre. Provee una energía limpia, abundante y disponible en la mayor parte de la superficie terrestre y puede por lo tanto, liberarlo de los problemas ambientales generados por los combustibles convencionales, como el petróleo, y de otras alternativas energéticas, como las centrales nucleares. Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos de las últimas décadas, el aprovechamiento de esta opción ha sido insignificante, comparándolo con el consumo global de energía en el mundo.

El Sol emite a la tierra seis veces la energía que consumimos.

El Sol es una estrella que emite calor y luz que se creó hace 4.600 años aproximadamente. Es la única estrella del sistema solar, es el objeto más grande y contiene aproximadamente el 98% de la masa total del sistema solar, en el cual encontramos la Tierra junto con otros planetas.

El Sol es una bola incandescente cuyo radio es de 695.000 kilómetros y tarda una media de 25-36 días en rotar en su eje. Si decimos que la masa de la Tierra es 1, la masa del Sol es 332.830 veces más grande que la de la Tierra, y en cuanto al volumen 1.300.000 veces más grande. La distancia media donde se encuentra referido a la Tierra es de 150 millones de kilómetros.

La energía proveniente del sol es el resultado de un proceso de fusión termonuclear, siendo el combustible principal el hidrógeno.

La energía solar se crea en el interior del Sol. Es aquí donde la temperatura (15.000.000°C) y la presión son tan intensas que se llevan a cabo las reacciones nucleares. Estas reacciones causan núcleos de cuatro protones ó hidrógeno para fundirse juntos y formar una partícula alfa ó núcleo de helio. La partícula alfa tiene cerca de un 7% menos masa que los cuatro protones. La diferencia en la masa es expulsada como energía y es llevada a la superficie del Sol, a través de un proceso conocido como convección, donde se liberan luz y calor. La energía generada en el centro del Sol tarda un millón de años para alcanzar la superficie solar. Cada segundo se convierten 700 millones de toneladas de hidrógeno en cenizas de helio. En el proceso se liberan 5 millones de toneladas de energía pura; por lo cual, el Sol cada vez se vuelve más ligero.

La capa exterior visible del Sol se llama fotosfera y tiene una temperatura de 6.000°C aproximadamente. Sus radiaciones son las únicas que hacen posible la vida sobre el planeta. Son ellas las que determinan todos los procesos naturales imprescindibles para nuestra vida, como la lluvia, el viento, la fotosíntesis, las corrientes marinas y otros muchos más.

La cromosfera está sobre la fotosfera. La energía solar pasa a través de ésta región en su trayectoria de salida del Sol. Las Fácúlas y destellos se levantan a la cromosfera. Las Fácúlas son nubes de hidrógeno brillantes y luminosas las cuales se forman sobre las regiones donde se forman las manchas solares. Los destellos son filamentos brillantes de gas caliente y emergen de las regiones de manchas solares. Las manchas solares son depresiones oscuras en la fotosfera con una temperatura promedio de 4.000°C.

La corona es la parte exterior de la atmósfera del Sol. Es en ésta región donde aparecen las erupciones solares. Las erupciones solares son inmensas nubes de gas resplandeciente que se forman en la parte superior de la cromosfera. Las regiones externas de la corona se estiran hacia el espacio y consisten en partículas que viajan lentamente alejándose del Sol. La corona se puede ver sólo durante los eclipses totales de Sol.

El Sol aparentemente ha estado activo por 4.600 millones de años y tiene suficiente combustible para permanecer activo por otros 5.000 millones de años más.

3.3.1. Radiación solar

La "portadora" de energía solar es la radiación; está formada por rayos luminosos visibles y por rayos invisibles, ultravioleta e infrarrojos. El 9% de los rayos solares se encuentra en el intervalo del calor.

Se denomina constante solar a la cantidad de energía solar recibida por unidad de superficie y unidad de tiempo sobre una superficie perpendicular al Sol situada a la distancia media Tierra-Sol. Pero toda la energía de la constante solar no llega a la superficie terrestre, parte de esta energía se atenúa debido a fenómenos de absorción, reflexión y difusión de la radiación por los gases que construyen la atmósfera.

Para los fines del aprovechamiento de la energía, solo es importante la llamada radiación térmica que incluye solo el ultravioleta, la radiación visible y la infrarroja.

Por otra parte la distribución de la energía solar a la Tierra no es uniforme, depende de varios factores como: día del año, hora del día, lugar, orientación de la superficie, y condiciones atmosféricas. Todos estos factores hacen que la energía que la Tierra recibe del Sol o radiación solar global tenga dos componentes: radiación directa o procedente directamente del Sol, radiación difusa debida a la dispersión por parte de los componentes de la atmosfera y reflejada o albedo.

La radiación difusa se debe a que una parte de la radiación directa, al atravesar la atmosfera, incide sobre diversas partículas que flotan en el aire y se dispersa. Se distribuye de forma muy variable por toda la semiesfera celeste y siempre es mas débil que la radiación directa; sin embargo, también puede aprovecharse termo técnicamente. No tiene dirección de propagación determinada, sino que procede de todas las direcciones.

La radiación reflejada o albedo es la radiación solar tanto directa como difusa que se refleja en todas las superficies en las que incide. La reflexión dependerá de las características y naturaleza de la superficie reflectora.

La radiación global es la suma de las radiaciones directa, difusa y reflejada o albedo. Constituye uno de los valores más importantes de la observación meteorológica, ya que se utiliza directamente para el cálculo del balance energético. La radiación solar para una superficie determinada depende de la posición de esta superficie en el espacio con respecto a los rayos incidentes del Sol.

Estas radiaciones determinan también unívocamente el funcionamiento de las instalaciones solares. Por esta razón, nuestras primeras consideraciones han de dedicarse a la técnica de la climatización para aclarar si nuestras condiciones climáticas permiten o no el aprovechamiento de la energía solar.

3.3.2. Datos meteorológicos

La climatología del emplazamiento es similar a la de Pamplona, aunque corregida por el factor de la altitud de unos 468m frente a los 450m de Pamplona. Esto hace que la temperatura sea uno o dos grados inferiores a la de la capital. Con respecto al viento en nuestro caso será mayor, ya que se encuentra en un lugar aislado, a lo que se une que la contaminación es muy baja, con lo que la radiación que se pierde por este motivo es nula. Debido a la dificultad para obtener datos meteorológicos de la localidad, nos hemos basado en los obtenidos para Pamplona.

Observatorio: Pamplona

Altitud: 450m

Latitud: 42° 49' 4" N - Longitud: 1° 38' 18" O

Precipitación: 1953-2013, Temperatura: 1953-2013, Viento: (-----)

Variable	Anual
Máx. núm. de días de lluvia en el mes	27 (may 1984)
Máx. núm. de días de nieve en el mes	12 (ene 1985)
Máx. núm. de días de tormenta en el mes	14 (jul 1976)
Prec. máx. en un día (l/m2)	115.5 (24 jul 1961)
Prec. mensual más alta (l/m2)	337.6 (dic 1960)
Prec. mensual más baja (l/m2)	Precipitación inapreciable (sep 1985)
Racha máx. viento: velocidad y dirección (Km/h)	ND
Tem. máx. absoluta (°C)	40.6 (18 ago 2012)
Tem. media de las máx. más alta (°C)	33.2 (ago 2003)
Tem. media de las mín. más baja (°C)	-6.2 (feb 1956)
Tem. media más alta (°C)	25.6 (ago 2003)
Tem. media más baja (°C)	-1.7 (feb 1956)
Tem. mín. absoluta (°C)	-15.2 (03 feb 1956)

Datos meteorológicos extremos del observatorio de Pamplona (www.aemet.es)

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA
VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

Pamplona		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura	Valor medio de máximas	10,1	8,4	13,4	16,3	15,4	21,5	31,5	27,7	25	20,7	11,9	10,6
	Valor medio de mínimas	2,1	2	5,1	7,1	7,1	11,9	17,1	15,8	13,7	11,6	5,9	3,4
	Máxima absoluta	17,8	15,8	18,9	28,4	25,2	32,2	36,3	36,3	31,5	27,9	21,5	16,2
	Mínima absoluta	-1,1	-3,2	-0,6	0,4	2,3	8,2	13,4	12,1	8,5	1,4	-3,7	-2,7
	Valor medio de medias	6,1	5,2	9,3	11,7	11,3	16,7	24,3	21,8	19,4	16,2	8,9	7
	Anomalía térmica (*)	0,7	-1,5	0,5	1,3	-2,9	-0,8	3,8	0,9	1,4	2,7	0,2	0,7
	Días con mínima <=0	8	6	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4
Precipitaciones	Precipitación total del mes	292,9	193,1	170,1	74,2	89,9	132,7	27	7,2	28,3	42,2	138,4	66,9
	% Media histórica	380,6	296,3	281	89,5	115,7	248	64,9	16,7	56,9	51,4	151,1	83,3
	Precipitación máxima en 24 h.	53,3	40	26,5	19,7	29	59,2	17,1	3,6	7,6	16,9	33,6	12,2
	Temperaturas precipitaciones	18	18	20	14	20	9	4	2	8	13	19	16
Pamplona-Noain aerept	Radiacion solar MJ/(m ² *dia)	5,8	9,12	13,25	17,43	21,91	23,7	26,86	21,7	16,96	11,94	6,88	5,02

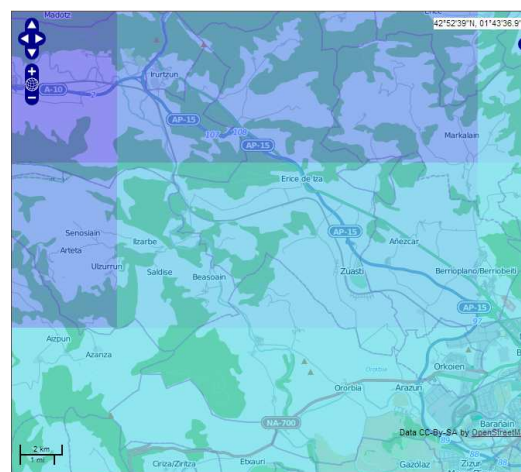
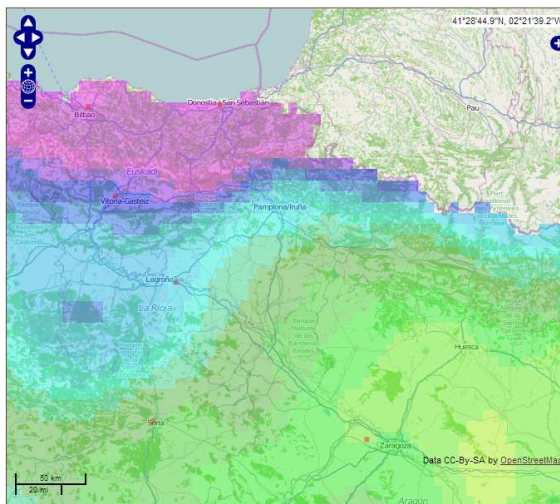
Datos meteorológicos 2013

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

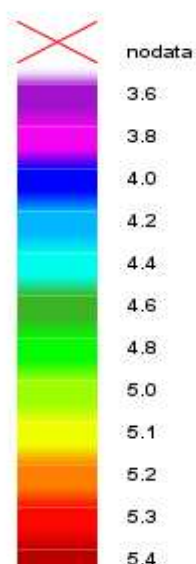
3.3.2.1. Irradiación solar

La irradiación solar global horizontal en el territorio en el que se colocara la instalación es de 4,4 kWh/m², como podemos observar a continuación:

Promedio anual de valores diarios (kWh/m²):



Leyenda:



3.3.2.2. Resultados obtenidos por el programa PVGIS

Mediante el programa PVGIS hemos obtenido la estimación de las medidas de Irradiación solar mensuales a largo plazo.

Lugar: 42°51'40" Norte, 1°46'34" Oeste, Elevación: 468 m.s.n.m,

Base de datos de radiación solar empleada: PVGIS-CMSAF

El ángulo de inclinación óptimo es: 35 grados

Irradiación anual perdida a causa de las sombras (horizontal): 0.3 %

Mes	H_h	H_{opt}	H(18)	DNI	I_{opt}	T_D	T_{24h}
Ene	1510	2420	2050	1930	62	7.7	7.0
Feb	2360	3460	3030	2850	56	8.2	7.3
Mar	3690	4700	4360	3920	44	11.7	10.4
Abr	4710	5140	5100	4100	29	12.8	11.7
Mayo	5740	5670	5890	4730	16	16.7	15.5
Jun	6630	6230	6640	5880	9	20.3	19.3
Jul	6880	6630	6990	6600	13	21.8	20.9
Ago	5840	6200	6240	5810	25	22.3	21.2
Sep	4510	5520	5220	4910	40	19.6	18.3
Oct	2890	4060	3620	3410	52	16.7	15.4
Nov	1790	2850	2420	2360	61	10.7	9.7
Dic	1360	2350	1930	1990	65	7.8	7.0
Año	4000	4610	4460	4240000000000	35	14.7	13.6

H_h : Irradiación sobre plano horizontal (Wh/m2/día)

H_{opt} : Irradiación sobre un plano con la inclinación óptima (Wh/m2/día)

H(18): Irradiación sobre plano inclinado:18grados (Wh/m2/día)

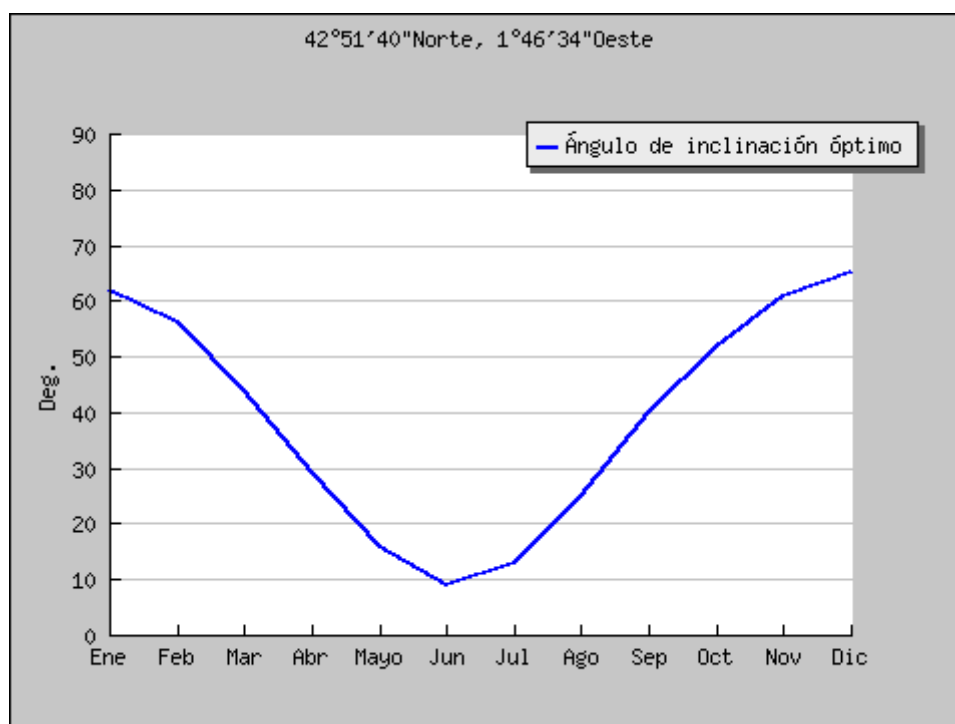
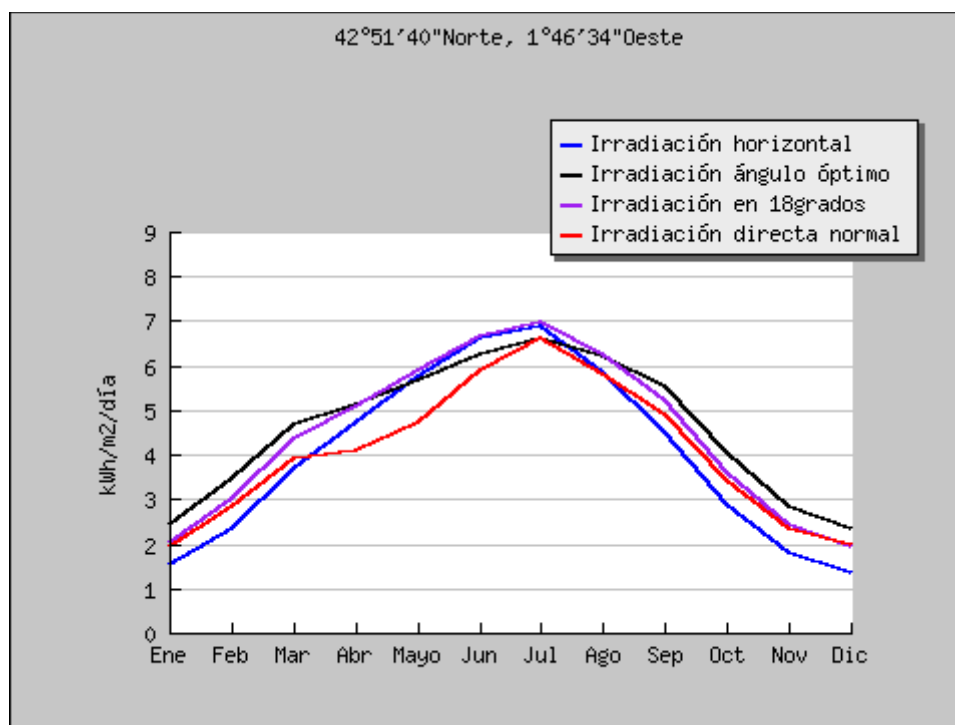
DNI: Irradiación directa normal (Wh/m2/día)

I_{opt} : Inclinación óptima (grados)

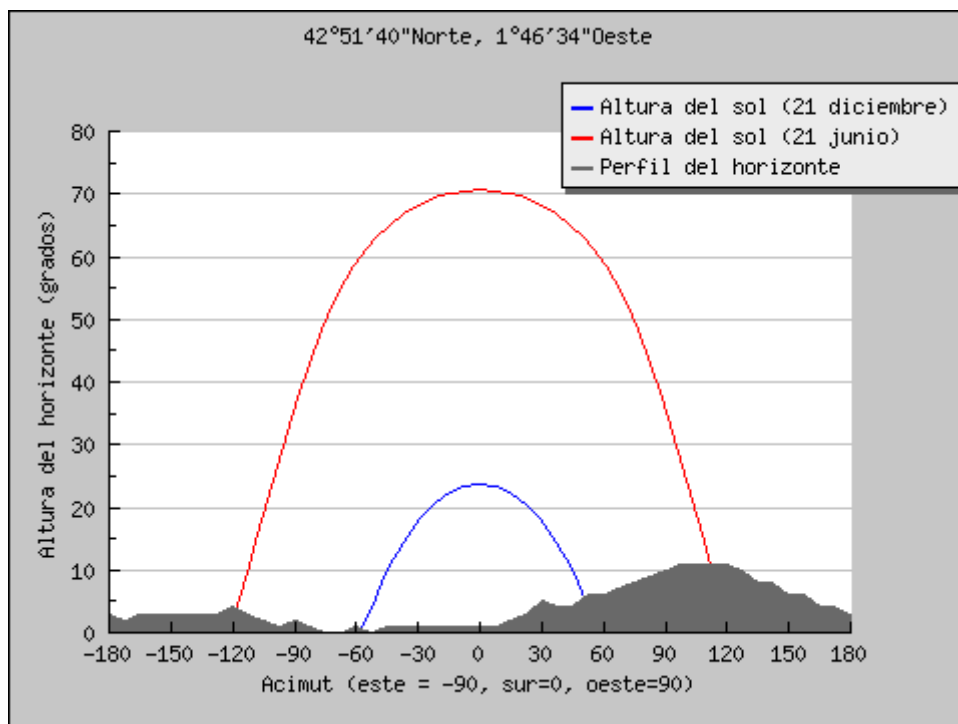
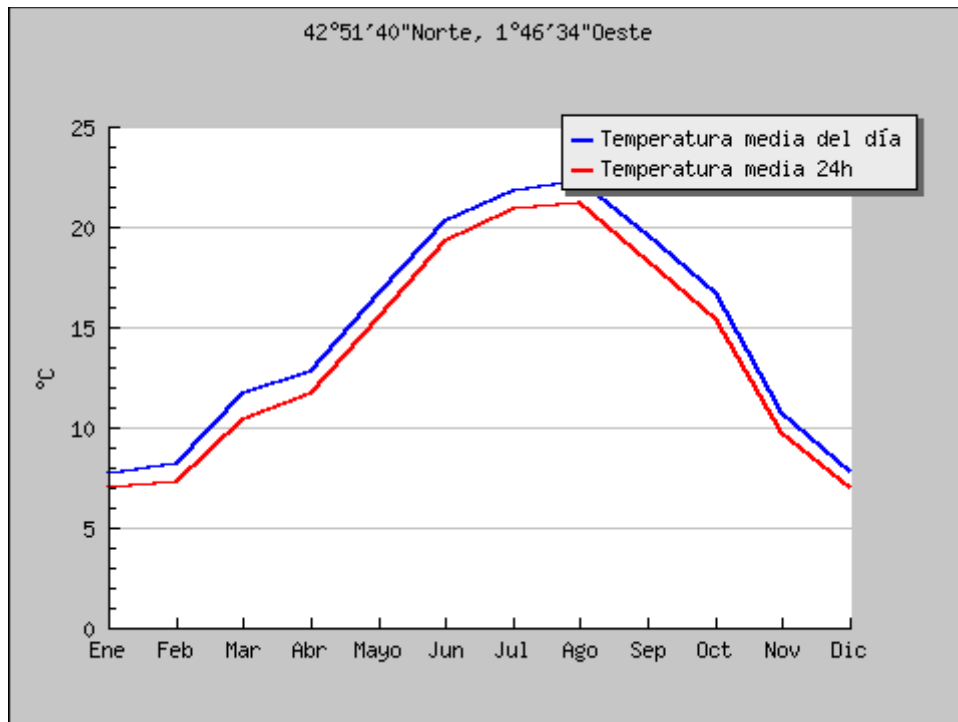
T_D : Temperatura media del día (°C)

T_{24h} : Temperatura media diaria (24h) (°C)

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA
VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED



DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA
VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED



4. CLASIFICACION DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

La energía solar fotovoltaica permite un gran número de aplicaciones, ya que puede suministrar energía en emplazamientos aislados de la red (viviendas aisladas, faros, postes SOS, bombeos, repetidores de telecomunicaciones...) o mediante instalaciones conectadas a la red eléctrica, que pueden ser de pequeño tamaño (instalación en vivienda individual) o centrales de gran tamaño.

Independientemente de su utilización y del tamaño, las instalaciones generadoras se clasifican, atendiendo a su funcionamiento respecto a la red de distribución pública: instalaciones aisladas de la red eléctrica, instalaciones conectadas a la red eléctrica e instalaciones asistidas.

4.1. Instalaciones generadoras aisladas

Aquellas en las que no puede existir conexión eléctrica alguna con la red de distribución pública.

Instalaciones que dan servicio a consumos sin que dicha instalación de producción este físicamente conectada a la red de distribución. Normalmente contarán con sistemas de acumulación eléctrica y suministrarán la totalidad del consumo.

Los sistemas aislados se utilizan normalmente para proporcionar electricidad a los usuarios con consumos de energía muy bajos para los cuales no compensa el coste de la conexión a la red, y para los que sería muy difícil conectarlos debido a su posición poco accesible. De esta manera, podemos suministrar electricidad a casas de campo, refugios de montaña, bombeos de agua, instalaciones ganaderas, sistemas de iluminación o balizamiento, sistemas de comunicaciones...

Los sistemas aislados, por el hecho de no estar conectados a la red, normalmente están equipados con sistemas de acumulación de la energía producida. Ya que por lo general la potencia requerida por el usuario no es proporcional a la radiación solar, por ello una parte de la energía producida por el campo fotovoltaico tiene que ser almacenada para poder ser utilizada cuando el usuario la necesite.

Los principales componentes que forman un sistema fotovoltaico aislado son: Módulos fotovoltaicos, regulador de carga, inversor y sistema de acumulación. En este tipo de sistemas, la energía producida por los módulos fotovoltaicos es almacenada en los sistemas de acumulación o baterías. La carga es alimentada, a través del regulador de carga, por la energía acumulada en las baterías.

El regulador de carga sirve fundamentalmente para preservar los acumuladores de un exceso de carga por el generador fotovoltaico y de la descarga por el exceso de uso.

4.2. Instalaciones generadoras asistidas

Aquellas en las que existe una conexión con la red de distribución pública, pero sin que los generadores puedan estar trabajando en paralelo con ella. La fuente preferente de suministro podrá ser tanto los grupos generadores como la red de distribución pública, quedando la otra fuente como socorro o apoyo.

Para impedir la conexión simultánea de ambas, se deben instalar los correspondientes sistemas de conmutación. Será posible, no obstante, la realización de maniobras de transferencia de carga sin corte, siempre que cumpla los requisitos técnicos.

4.3. Instalaciones generadoras interconectadas o conectadas a red

Aquellas que están, normalmente, trabajando en paralelo con la red de distribución pública.

Instalaciones que conectadas a la red interior que suministra energía al titular, pueden autoabastecer total o parcialmente al mismo, pudiendo verter los excedentes a la red eléctrica de distribución.

Los sistemas conectados a red, normalmente no tienen sistemas de acumulación, ya que la energía producida durante las horas de máxima radiación que no se consume, es canalizada a la red eléctrica; al contrario, durante las horas de poca o nula radiación, la carga viene alimentada por la red.

Un sistema de este tipo o asistido, desde el punto de vista de la continuidad de servicio, resulta más fiable que uno aislado que, en caso de avería, no tiene posibilidad de alimentación alternativa.

Instalaciones conectadas directamente a red de distribución (conexión a red clásica):

Instalaciones que vuelcan toda su producción a la red eléctrica de distribución a la que están conectadas.

4.3.1. Aplicaciones de los sistemas conectados a red

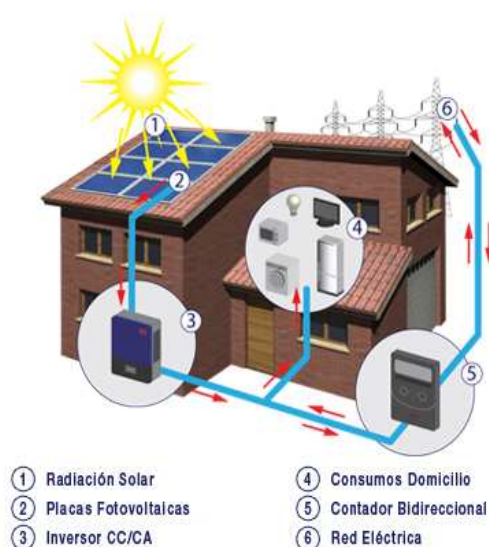
Las principales aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica convencional son las siguientes:

Sistemas sobreexpuestos en tejados de edificios (superposición arquitectónica): Son sistemas modulares de fácil instalación donde se aprovecha la superficie de tejado existente para sobreponer los módulos fotovoltaicos. El peso de los paneles sobre el tejado no supone una sobrecarga para la mayoría de los tejados existentes.

Plantas de producción: Son aplicaciones de carácter industrial que pueden instalarse en zonas rurales no aprovechadas para otros usos o sobrepuestas en grandes cubiertas de áreas urbanas (aparcamientos, zonas comerciales, áreas deportivas, etc....).

Integración en edificios (integración arquitectónica): Esta aplicación tiene como principal característica ser un sistema fotovoltaico integrado en la construcción, de modo que los paneles solares quedan tanto estructural como estéticamente integrados en la cubierta del edificio.

5. ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED



5.1. Célula solar

Se define la superficie activa de la célula como la parte del área total de la célula fotovoltaica que interviene en el proceso de conversión. La superficie del material semiconductor que está expuesta a la luz incidente tiende a reflejar una porción de la misma, disminuyendo la cantidad de energía luminosa que puede llegar al par semiconductor. Para evitar esta pérdida, el fabricante deposita una fina capa de material anti reflectante.

Los primeros modelos que se realizaron tenían forma circular. Actualmente las células que se fabrican poseen forma cuadrada, ya sea con los vértices redondos o con esquinas a 90°. En los de mercado, generalmente, una célula tiene un grosor que varía entre los 0,25 y los 0,35 mm y una forma generalmente cuadrada, con una superficie aproximadamente igual a 12×12 cm².

La eficiencia de conversión, es la relación entre la energía eléctrica generada y la energía luminosa utilizada para obtenerla. Esta relación es dada en forma porcentual, como se muestra a continuación:

$$\mu(\%) = \frac{\text{Energia_Generada}}{\text{Energia_Incidente}} \times 100$$

La corriente eléctrica generada en la célula fotovoltaica es corriente continua (c.c.). La tensión de trabajo (voltaje) depende de las características físico-químicas propias del material de construcción. El aumento de la temperatura produce el efecto negativo de disminuir la tensión de trabajo.

A nivel comercial es el silicio el material base de las células, pero existen otros elementos y compuestos con capacidad de ejercer de semiconductores en células fotovoltaicas que producen tensiones de trabajo distintas al silicio. La tensión de trabajo de una célula fotovoltaica de silicio es del orden de 0,5 voltios. La intensidad de corriente generada es, esencialmente, proporcional a la superficie expuesta al sol y a la intensidad de la radiación incidente sobre ella.

Existen tres tipos de células de silicio en función de su estructura cristalina:

a) Silicio monocristalino: todos los átomos están perfectamente ordenados. En el proceso de cristalización al ir depositándose los átomos sobre el cristal ya formado lo hacen siempre respetando el mismo orden. El color que presentan es muy monocromático: azulado, oscuro y con un cierto brillo metálico.



b) Silicio policristalino: formado por la agrupación de cristales de silicio donde las direcciones de alineamiento de los átomos cambian cada cierto tiempo durante el proceso de deposición. Tienen el aspecto de una amalgama de cristales de distintos tonos azulados y grises con brillo metálico.

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED



c) Silicio amorfo: es donde ha desaparecido la estructura cristalina ordenada y el silicio se ha depositado formando una capa fina sobre un soporte transparente. El aspecto es de tonos color marrón y gris oscuro. Es el silicio típico de las calculadoras y otros pequeños objetos con funciones muy diversas.



El rendimiento o eficiencia en la transformación de energía radiante en energía eléctrica por unidad de superficie expuesta en células de silicio monocristalino es del 16%, en policristalino es del 14% y es menor el del silicio amorfo que ronda el 6%. Por otro lado, tanto el precio de mercado como la durabilidad de las calidades monocristalina y policristalina también son muy parecidas, la diferencia es que en el caso de las celdas policristalinas se emplea un silicio de menor calidad y costo. El silicio amorfo es el más económico, aunque presenta una más rápida degeneración con el paso del tiempo.

Se están investigando diversas alternativas al silicio, entre ellas destacan: Arsenio de Galio (GaAs) Fosforo de Indio, Telurio de Cadmio, Antimonio de Aluminio y Estibinita. También se

están desarrollando tecnologías de configuración de las células buscando una mejora del rendimiento.

5.2. Panel fotovoltaico

El panel fotovoltaico es el conjunto de células fotovoltaicas o células solares interconectadas entre ellas y ensambladas de manera adecuada para formar una única estructura.

Los paneles fotovoltaicos captan energía en forma de luz (fotones) del sol para generar electricidad a través del efecto fotovoltaico.



Para obtener un panel fotovoltaico el proceso de conexión de las células es automático, efectuándose mediante soldaduras especiales que unen el dorso de una célula con la cara frontal de la adyacente. Las conexiones eléctricas de las células fotovoltaicas son hechas en serie para alcanzar la salida de voltaje deseada, y en paralelo para lograr la cantidad de corriente necesaria. Una vez terminadas las interconexiones eléctricas, las células son encapsuladas en una estructura tipo sándwich, consistente en una lamina de vidrio templado, otra de un material orgánico y, por último, una cubierta posterior formada por varias láminas de polímeros u otro vidrio. La estructura concreta de cada modelo de panel varía de un fabricante a otro. Posteriormente se sella al vacío, haciéndolo estanco. Una vez montadas las conexiones positiva y negativa se efectúan los controles de calidad necesarios.

El número de células en un panel, y por lo tanto su voltaje de salida, depende de la estructura cristalina del semiconductor usado. Los paneles pueden tener diferentes tamaños: los más utilizados están formados por 40-80 células conectadas eléctricamente en serie, con una superficie que oscila entre 0,8 m² a los 2 m².

La vida media de los paneles fotovoltaicos es de 25 a 30 años, si bien después de este tiempo siguen siendo operativos con un rendimiento inferior. Este será entonces el periodo de vida útil de la instalación fotovoltaica.

5.3. Estructura Soporte

Los módulos fotovoltaicos analizados anteriormente se colocarán sobre la denominada estructura soporte. Podemos tener dos tipos de estructura soporte: estructura fija y estructura móvil.

El diseño de la estructura se realizara para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico y teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos. Por ello en su diseño se debe garantizar que:

- Los módulos se encuentran ubicados de modo optimo de cara a maximizar la generación de energía eléctrica a lo largo de todo el año, en lo que se refiere a orientación, inclinación y ausencia de sombras, en el caso de estructuras fijas.
- Los módulos se soportan sobre un elemento móvil de manera que en cada momento se sitúan en la posición optima para que la irradiación recibida sea máxima, en caso de estructuras móviles.

Las estructuras móviles son aquellas utilizadas en las llamadas “huertas solares” donde los paneles pueden orientarse en torno a la posición del sol. Las estructuras con seguimiento solar aumentan la producción eléctrica, ya que sigue la trayectoria solar desde el amanecer hasta el ocaso.

- a) Podemos disponer de un sistema que, con la inclinación optima gire un eje para seguir el movimiento del Sol desde el amanecer hasta el ocaso, en este caso tendremos un sistema de seguimiento polar en un eje.
- b) Podemos disponer de un sistema que, con la orientación optima (dirección Sur), haga variar la inclinación del panel para que los rayos solares incidan cada día de modo perpendicular a su superficie. En ese caso tendremos un sistema de seguimiento azimutal en un eje.
- c) Podemos disponer de un sistema que busque que en cada momento la inclinación y orientación sea la que maximice la irradiación, haciendo que la superficie de los paneles se encuentre siempre perpendicular a los rayos solares. El sistema se mantiene perpendicular a la trayectoria de los rayos solares, ya que su inclinación es variable respecto a la horizontal, y gira alrededor de un eje vertical. En ese caso, se trata de un sistema de seguimiento de dos ejes.

Se puede conseguir del orden de un 40% más de producción eléctrica que un sistema convencional estático, dependiendo de las condiciones particulares de la ubicación.

Las estructuras fijas tienen una orientación e inclinación fija que se calcula a la hora de diseñar la instalación, esta inclinación y orientación suelen ser impuesta por la situación de las instalación, como tejados con una determinada inclinación y orientación, o bien las optimas para la localización donde vamos a realizar la instalación solar dependiendo de la latitud. Normalmente la orientación ideal suele ser el Sur y la inclinación 30° que puede variar en función de aplicación, criterios de uso e integración arquitectónica, en $\pm 10^\circ$.

Podemos considerar dos alternativas para la instalación de los módulos solares con estructura fija: integración arquitectónica y superposición arquitectónica.

Se considera integración arquitectónica cuando los módulos cumplen una doble función, energética y arquitectónica y, además, sustituyen elementos constructivos convencionales:

- Revestimiento: Cuando los módulos fotovoltaicos constituyen parte de la envolvente de una construcción arquitectónica.

- Cerramiento: Cuando los módulos constituyen el tejado o la fachada de la construcción arquitectónica, debiendo garantizar la debida estanquidad y aislamiento térmico.
- Elementos de sombreado: Cuando los módulos fotovoltaicos protegen a la construcción arquitectónica de la sobrecarga térmica causada por los rayos solares, proporcionando sombras en el tejado o en la fachada.

Se considera superposición arquitectónica cuando la colocación de los módulos se realiza paralela a la envolvente del edificio, sin la doble funcionalidad. No se aceptarán, dentro del concepto de superposición, módulos horizontales.

Ésta estructura soporte deberá resistir el peso de los módulos fotovoltaicos y las sobrecargas del viento o inclemencias del tiempo, así como las posibles dilataciones térmicas provocadas por aumentos de temperatura en diferentes estaciones del año.

La sujeción de los módulos solares deberá estar homologada para los paneles utilizados en la instalación según las especificaciones del fabricante, además las partes de sujeción de los paneles solares no deberán generar sombras indeseadas sobre los módulos. La tornillería utilizada tanto para la sujeción de los módulos fotovoltaicos como para la sujeción de la propia estructura al suelo deberá ser de acero inoxidable con excepción de estructuras de acero galvanizado en cuyo caso podrán ser tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma que serán de acero inoxidable.

5.4. Inversor

El inversor (o también llamado ondulador) es el elemento de la instalación encargado de transformar la corriente continua proveniente de las placas fotovoltaicas a corriente alterna a la frecuencia de red para utilizarla para instalaciones eléctricas aisladas ó para inyectarla a red. Además tendrá una magnitud determinada, programada por el diseñador, y funcionará a partir de un umbral mínimo de radiación solar.

Por el lado de entrada tiene al generador fotovoltaico (generador de corriente continua), y por el otro tiene el equipo de medida.

Para su mejor eficiencia, los inversores disponen de un microprocesador encargado de garantizar una curva senoidal con una mínima distorsión. La lógica de control debe garantizar además de un funcionamiento automático completo, el seguimiento del punto de máxima potencia (MPP) y evita las posibles pérdidas durante periodos de reposo (Stand-By).

Debe permitir la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, evitando el funcionamiento en isla.

El rendimiento del inversor es la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada y es en función de la potencia y de la temperatura de operación.

La instalación a realizar ira conectada a la red eléctrica, con lo que el inversor a colocar deberá cumplir ciertas características.

Las características exigidas a un inversor de conexión a red serán las siguientes:

- Deberá tener una potencia de entrada variable siendo capaz de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico pueda proporcionar durante el periodo de captación de radiación solar.
- Principio de funcionamiento en fuente de corriente.
- Deberá ser auto conmutado.
- Deberá poseer un seguidor automático del punto de máxima potencia del generador fotovoltaico.
- No deberá funcionar en modo aislado o en isla.
- Deberán cumplir con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y compatibilidad electromagnética certificada por el fabricante, incorporando protecciones frente a cortocircuito.
- El inversor incorporará como mínimo controles de encendido y apagado general, y conexión de desconexión del inversor de la interfaz de AC.
- Los valores de eficiencia al 25 y al 100% de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85 y 88%, respectivamente para inversores de potencia inferior a 5kW y del 0% al 92% para inversores con potencia superior a 5kW.
- El auto consumo de los equipos en stand by o modo nocturno, deberá ser inferior al 2% de su potencia nominal de salida.
- El factor de potencia de la potencia generada, deberá ser superior a 0.5 entre 25 y el 100%.
- El inversor deberá inyectar en red, para potencias superiores del 10% de su potencia nominal.
- Los inversores tendrán un grado de protección IP22 cuando sean instalados en edificios o lugares inaccesibles, IP32 cuando están instalados en lugares accesibles, y con IP 65 cuando están instalados a la intemperie.
- Debe garantizarse la operación de los inversores a 0°C y 40°C de temperatura y a 0% y 85% de humedad relativa.

5.5. Equipos de medida

La instalación tendrá que disponer de un equipo de medida de la energía inyectada a red y de la consumida, que servirá de base para su facturación. De esta función se encargan los contadores.

Todos los elementos integrantes del equipo de medida, tanto los de entrada como los de salida de energía, serán precintados por la empresa distribuidora. El instalador autorizado solo

podrá abrir los precintos con el consentimiento escrito de la empresa distribuidora. No obstante, en caso de peligro pueden retirarse los precintos sin consentimiento de la empresa; siendo en este caso obligatorio informar a la empresa distribuidora con carácter inmediato.

En las Instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, tienen que disponer de un Contador Bidireccional. Eso sí, este contador será totalmente independiente del contador existente para la casa.

Los equipos de medida deberán cumplir con todas las especificaciones de la compañía distribuidora.

6. DIMENSIONADO DE LA INSTALACION

6.1. Emplazamiento de la instalación

La ubicación de la instalación solar fotovoltaica a proyectar será en la provincia de Navarra, más concretamente en la cuenca de Pamplona. En el término municipal de Ariz, Cendea de Iza.

La instalación se realizara en el tejado de una vivienda aislada.

El terreno donde está situada la vivienda se encuentra a unos 468 metros sobre el nivel del mar y las coordenadas geográficas donde se sitúa son las siguientes:

Latitud: 42° 51' 36'' N
Longitud: 01° 46' 48'' W

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

En las siguientes fotos se observa la ubicación de la vivienda:



Ubicación de Ariz



Vista aérea de Ariz



Vista aérea de la vivienda

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED



Vista frontal de la vivienda



Lugar elegido para la instalación

6.2. Calculo de la superficie disponible



El lado de la vivienda elegido para la colocación de los módulos fotovoltaicos, dispone de una superficie de 5,40m de alto y 15,95m de ancho, con forma isóscele. La superficie disponible es de 27,81m².

6.3. Orientación e inclinación de los paneles

Orientación de los paneles:

A la hora de diseñar este tipo de instalaciones solares, es muy importante decidir la orientación de los paneles ya que interesará que los paneles capten la mayor cantidad de radiación solar posible. Siempre debe ser hacia el sur, ya que es la manera en la que el aprovechamiento anual de la radiación es máxima. Pero esta orientación puede ser impuesta por el emplazamiento donde vamos a instalar los paneles, como es el caso de tejados con una cierta orientación, o libre si la ubicación lo permite, como extensiones de terreno llanas.

Según el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), la orientación se define por el ángulo llamado azimut α , que es el ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Los valores típicos son 0° para los módulos al sur, -90° para módulos orientados al este y +90° para módulos orientados al oeste.

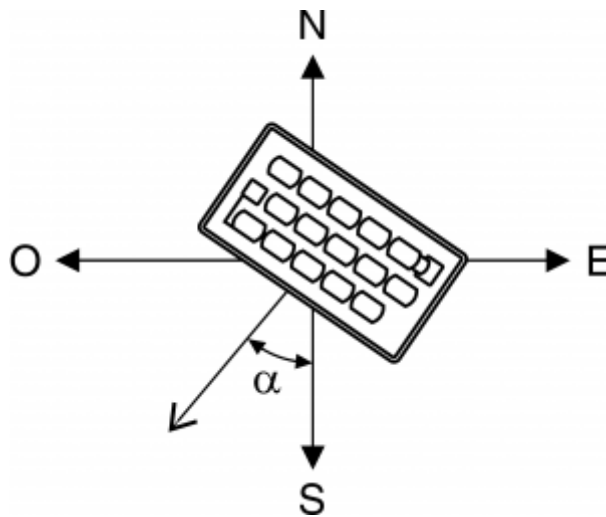


Figura 2

Inclinación de los paneles:

Otro punto importante para el diseño de estas instalaciones fotovoltaicas, es la inclinación que deben tener los módulos para la captación de la mayor cantidad de radiación solar.

Según el Pliego de Condiciones del IDAE, la inclinación de los módulos solares se define mediante el ángulo de inclinación β , que es el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para módulos verticales.

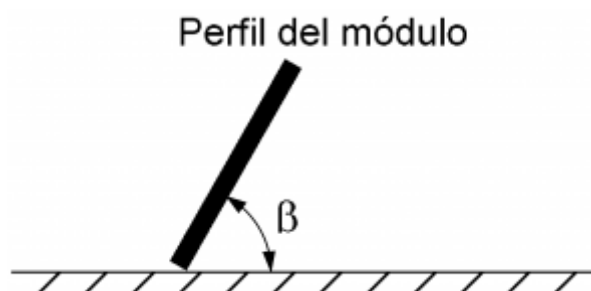


Figura 1

6.3.1. Estudio de la inclinación y orientación de los módulos

Para el cálculo del número de paneles a instalar en un terreno, las dos principales consideraciones a tener en cuenta son:

- **Orientación:** siempre debe ser hacia el sur, ya que es la manera en la que el aprovechamiento anual de la radiación es máxima. En ciertas circunstancias, tales como faltas de espacio o sombras imposibles de sortear, es posible cambiar de orientación. En nuestro caso, estarán orientadas hacia el sur-oeste, $\alpha = +10^\circ$, ya que el lugar elegido para la colocación de los módulos en el tejado de la vivienda está orientado hacia allí.
- **Inclinación:** La inclinación de nuestros módulos será la misma que tiene el tejado de la vivienda, ya que irán colocados sobre él. La inclinación de los módulos será de $\beta = 18,26^\circ$.

6.4. Elección del modulo fotovoltaico

Para la elección de los paneles solares que se van a utilizar, se tendrán en cuenta varias consideraciones:

- **Terreno a ocupar:** debe estudiarse la cantidad de terreno de la que se dispone a la hora de dimensionar el campo de paneles solares, en este caso, la situación del campo de paneles

será sobre el tejado de una vivienda, por lo que existirán limitaciones de espacio. La superficie disponible es de $27,81m^2$.

- Tecnología a utilizar: como se vio en el apartado de los elementos principales de la instalación, existen varios tipos de paneles solares fotovoltaicos dependiendo de su estructura cristalina: silicio monocristalino, silicio policristalino y silicio amorfo. Para el diseño del proyecto se utilizarán paneles de tipo policristalino, aunque el rendimiento o eficiencia es algo menor que el de los monocristalinos, también lo es su coste, y en la relación rendimiento-coste, normalmente suelen salir mejor los policristalinos.
- Presupuesto: a la hora de elegir cualquier componente, uno de los factores importantes a tener en cuenta, es el precio de estos.

Actualmente existen en el mercado gran variedad de módulos fotovoltaicos con potencias y dimensiones muy variadas.

Antes de optar por un módulo en concreto se han buscado varios de diferentes marcas, con la intención de poder hacer la mejor elección en función de las características de nuestra instalación.

Dentro de los módulos estudiados, he optado por instalar los módulos solares del fabricante SolarWorld, y en concreto el módulo fotovoltaico Sunmodule Plus SW 250-255 poly, con una potencia pico de 250w.



Los módulos fotovoltaicos elegidos, llevan el símbolo de inspección Power controlled de TÜV Rheinland, que garantiza que la potencia nominal indicada de los módulos solares Plus se comprueba en periodos regulares para asegurar su mantenimiento, y que las tolerancias de medida son las más bajas de la industria.

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

También llevan el símbolo Sunmodule Plus (tolerancia de potencia positiva) que es garantía de la máxima eficacia de las instalaciones. Solo se suministran módulos solares que hayan alcanzado o superado la potencia nominal indicada en las pruebas de rendimiento. La tolerancia de potencia oscila entre -0 Wp y + 5 Wp.

Además con la garantía de servicio lineal de más de 25 años, SolarWorld garantiza una reducción de potencia máxima de 0,7% por año, un claro valor añadido con respecto a las garantías habituales. Con respecto al inicio de la instalación se nos garantiza que la pérdida de potencia será como máximo el siguiente porcentaje:

- 10 años: 7%
- 20 años: 17%
- 25 años: 20,5%

El certificado técnico es, por tanto, un seguro de inversión completo a largo plazo. Y debido a esto y que cumplen con los requisitos requeridos se ha optado por este modelo.

COMPORTAMIENTO BAJO CONDICIONES ESTÁNDAR DE PRUEBA (STC*)

		SW 250	SW 255
Potencia en el punto de máx. potencia	P_{max}	250 Wp	255 Wp
Tensión en vacío	U_{oc}	37,6 V	38,0 V
Tensión a potencia máxima	U_{mpp}	30,5 V	30,9 V
Corriente de cortocircuito	I_{sc}	8,81 A	8,88 A
Corriente a potencia máxima	I_{mpp}	8,27 A	8,32 A

Tolerancia de medición (P_{max}) de acuerdo con TÜV Rheinland: +/- 2% (TÜV Power controlled)

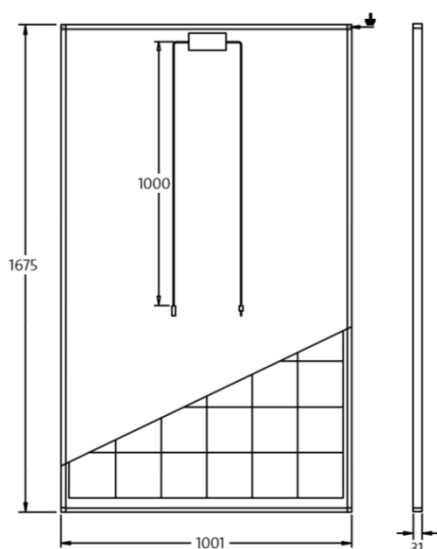
*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5

COMPORTAMIENTO A 800 W/m², NOCT, AM 1.5

		SW 250	SW 255
Potencia en el punto de máx. potencia	P_{max}	185,4 Wp	188,7 Wp
Tensión en vacío	U_{oc}	34,2 V	34,5 V
Tensión a potencia máxima	U_{mpp}	27,8 V	28,1 V
Corriente de cortocircuito	I_{sc}	7,24 A	7,30 A
Corriente a potencia máxima	I_{mpp}	6,68 A	6,72 A

Ligera reducción de la eficiencia en el comportamiento con carga parcial a 25°C: A 200 W/m² se alcanza el 100 % (+/- 2 %) de la eficiencia bajo condiciones estándar de prueba (1000 W/m²).

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED



MATERIALES EMPLEADOS

Longitud	1675 mm
Ancho	1001 mm
Altura	31 mm
Marco	aluminio anodizado plata
Peso	21,2 kg

PARÁMETROS TÉRMICOS CARACTERÍSTICOS

NOCT	46 °C
TC I_{sc}	0,051 %/K
TC U_{oc}	-0,31 %/K
TC P_{mpp}	-0,41 %/K

MATERIALES EMPLEADOS

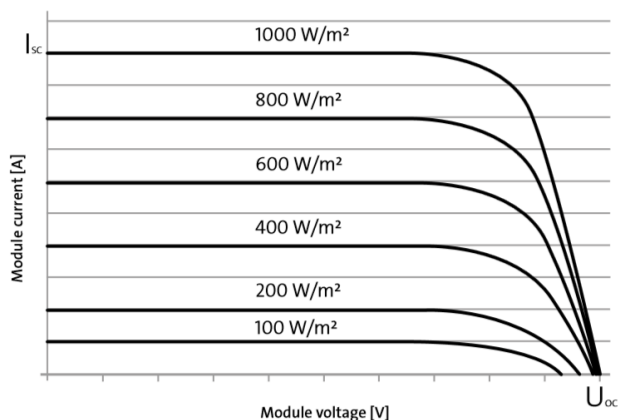
Células por módulo	60
Tipo de célula	policristalino
Medidas de la célula	156 mm x 156 mm
Parte anterior	4 mm vidrio reforzado (EN 12150)

OTROS DATOS

Clasificación de la potencia	-0 Wp / +5 Wp
Caja de conexión	IP65
Conector	MC4 / KSK4

PARÁMETROS TÉRMICOS CARACTERÍSTICOS

Tensión máxima del sistema clase II	1000 V
Carga máxima de corriente inversa	16 A
carga adicional / carga din.	5,4 / 2,4 kN/m²
Cantidad de diodos de bypass	3
temperatura de servicio admisible	-40°C a +85°C



6.5. Elección de la estructura soporte

Para esta instalación se ha optado por una estructura fija. La elección de esta estructura es debido a que económicamente son estructuras más accesibles, y la relación del aumento de la eficiencia con el coste sería excesiva, ya que la eficiencia aumentaría muy poco para la inversión que supondría optar por una estructura móvil.

La estructura será superpuesta arquitectónicamente al tejado de la vivienda, porque aunque la instalación no tenga el ángulo óptimo, la eficiencia con dicho ángulo es buena y no aumentaría demasiado aumentándolo. Además es más sencilla de instalar y permite la integración visual de la instalación.

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED



La estructura soporte elegida es SunTop III de la empresa Conergy. Ha sido desarrollado como sistema universal para el montaje sobre cubierta inclinada. Gracias a la utilización de los raíles patentados fabricados en aluminio, el conector Quickstone y la tecnología de conexión telescópica, este sistema no precisa recortes y es especialmente rápido de montar.



Tecnología de conexión



Tecnología Quickstone

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED



Pieza terminal telescópica

Se pueden instalar sin problemas, casi todos los tipos de módulos fotovoltaicos con marco de distintos fabricantes, en tejados inclinados de edificios antiguos o de reciente construcción con la cubierta elegida. Y gracias a la nueva tecnología del conector Quickstone es posible una reducción máxima del tiempo de montaje. Las herramientas necesarias para el montaje sobre tejado se limitan a una llave.

Todos los elementos están contruidos en aluminio y acero inoxidable. Su alto grado de resistencia a la corrosión garantiza una larga vida útil y permite su total reciclaje.

Lugar de montaje	Tejado inclinado, sobre tejado	Ganchos de tejado,	
Cubierta del tejado	Adecuado para cualquier cubierta de tejado (más información a petición)	piezas pequeñas	Acero fino (V2A)
Inclinación del tejado	Hasta 60 grados ¹	Color	Natural
Altura del edificio	Hasta 20 m	Garantía	10 años en la resistencia de los materiales
Carga de nieve	Hasta carga de nieve de 1,4 kN/m ²	<p>1 Válida para tejados con tejas de hormigón o tejas planas. En caso de cubiertas de tejado ondulado u otras cubiertas similares de gran superficie con una inclinación de más de 15°, póngase en contacto con nosotros antes de empezar con la planificación.</p> <p>2 En caso de instalación en el borde o en las esquinas del tejado, tenga en cuenta que estas zonas soportan mayores cargas de viento. Le aconsejamos utilizar más ganchos de tejado en estas zonas. Para informaciones más detalladas, póngase en contacto con nosotros antes de empezar con la planificación.</p> <p>3 En función de la orientación de los perfiles básicos.</p> <p>4 Debido a la dilatación por temperatura y la tensión que puede producirse dentro del tramo de ralles, recomendamos una longitud máxima de 10 m por campo de módulos.</p> <p>5 Con recargo (indíquese en el pedido)</p>	
Módulos fotovoltaicos	Enmarcados		
Distribución de los módulos	En filas o columnas ³		
Orientación de los módulos	Vertical, horizontal		
Tamaño del campo de módulos	Libre ⁴		
Posición del campo de módulos	Libre		
Compensación de altura posible	Hasta 38 mm		
Separación entre ganchos de tejado,	Hasta 2500 mm ² , según emplazamiento. Altura del edificio, medio de sujeción y módulo utilizado.		
Normas	Documento Básico SE-AE y Eurocode 9, parte 1.15 ⁵		
Perfiles de apoyo	Aluminio extruido (ENAW 6060/6063)		

6.6. Elección del inversor

El inversor es una pieza fundamental en la instalación eléctrica fotovoltaica, ya que permite la conversión de la energía generada por los módulos fotovoltaicos de corriente continua a corriente alterna.

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

El inversor propuesto es el modelo Ingecon Sun Lite 3,3TL sin transformador, fabricado por Ingeteam. Está orientado al sector residencial y a grandes proyectos descentralizados, y tiene una instalación y mantenimiento sencillo.

Permite adecuar la configuración e idioma del inversor a cada país de manera sencilla desde la pantalla del propio inversor.

Disponen de un datalogger interno para almacenamiento de datos de tres meses con control desde un PC remoto o in situ desde el teclado frontal del inversor a través de su pantalla LCD. LEDs indicadores de estado y alarmas y ventiladores fácilmente reemplazables por el usuario. También puede ser configurado para modo autoconsumo.

Contiene software incluido y, sin coste, las aplicaciones INGECON® SUN Manager, INGECON® SUN Monitor y su versión para smartphone iSun Monitor para la monitorización y registro de datos del inversor a través de internet.

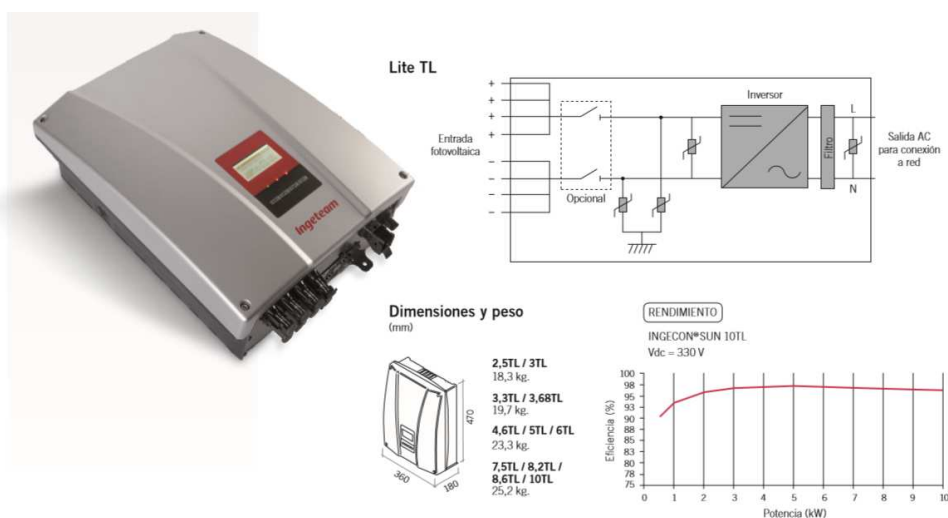
La garantía estándar es de 5 años, ampliable hasta 25 años.

Protecciones:

- Polarización inversa.
- Sobretensiones en la entrada y la salida mediante descargadores tipo 3.
- Cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Fallo de aislamiento.
- Anti-isla con desconexión automática.

Accesorios opcionales:

- Seccionador DC.
- Comunicación entre inversores mediante Bluetooth o Ethernet.
- Comunicación remota GSM / GPRS.
- Contacto libre de potencial configurable por display para indicar fallo de aislamiento o conexión a red.



DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

	2,5TL	3TL	3,3TL	3,68TL	4,6TL	5TL
Valores de Entrada (DC)						
Rango pot. campo FV recomendado ²⁰	2,8 - 3,3 kWp	3,2 - 4 kWp	3,8 - 4,3 kWp	3,9 - 4,8 kWp	5,2 - 6 kWp	5,7 - 6,5 kWp
Rango de tensión MPP	160 - 450 V	195 - 450 V	155 - 450 V	175 - 450 V	145 - 450 V	160 - 450 V
Rango de tensión DC ²⁰	125 - 550 V	125 - 550 V	125 - 550 V	125 - 550 V	125 - 550 V	125 - 550 V
Corriente máxima DC	17 A	17 A	22 A	22 A	33 A	33 A
Nº entradas DC	3	3	3	3	4	4
MPPT	1	1	1	1	1	1
Valores de Salida (AC)						
Potencia nominal AC ²⁰	2,7 kW	3 kW	3,63 kW	3,68 kW	5 kW	5,5 kW
Corriente máxima AC	13 A	13,5 A	17 A	17 A	24,2 A	26,2 A
Tensión nominal AC	230 / 240 V	230 / 240 V	230 / 240 V	230 / 240 V	230 / 240 V	230 / 240 V
Frecuencia nominal AC	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Coseno Phi	1	1	1	1	1	1
Coseno Phi ajustable	St. Smax=2,7 kVA	St. Smax=3 kVA	St. Smax=3,63 kVA	St. Smax=3,68 kVA	St. Smax=5 kVA	St. Smax=5,5 kVA
THD	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
Rendimiento						
Eficiencia máxima	96,6%	96,6%	96,8%	96,8%	97%	97%
Euroeficiencia	95%	95,1%	95,2%	95,2%	96%	96,1%
Datos Generales						
Refrigeración por aire	30 m³/h	30 m³/h	45 m³/h	45 m³/h	90 m³/h	90 m³/h
Consumo en stand-by ²⁰	<10 W	<10 W	<10 W	<10 W	<10 W	<10 W
Consumo nocturno	0 W	0 W	0 W	0 W	0 W	0 W
Temperatura de funcionamiento	-20°C a +70°C	-20°C a +70°C	-20°C a +70°C	-20°C a +70°C	-20°C a +70°C	-20°C a +70°C
Humedad relativa (sin condensación)	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%
Grado de protección	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65

6.7. Calculo del numero de módulos fotovoltaicos

Potencia máxima que se puede inyectar a la entrada del inversor:

$$P_{\text{max inyectada}} = \frac{P_{\text{max inversor}}}{\text{Eficiencia}} = \frac{3,3 \times 10^3}{0,952} = 3466,3865 \text{ W}$$

Numero de módulos que se pueden poner:

$$\text{Paneles permitidos} = \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{unitaria modulos}}} = \frac{3466,3865}{250} = 13,8655 \text{ modulos}$$

6.7.1. Configuración serie-paralelo de los módulos

El numero de módulos en serie tiene que cumplir el rango de tensión del inversor, de manera que la máxima tensión del generador no supere la máxima del inversor y la mínima del generador sea superior a la menor tensión en la que el inversor pueda realizar el seguimiento del MPP.

Para el cálculo de la tensiones de los módulos vamos a emplear unas temperaturas de operación definidas por convenio y que nos garantizan cierto margen de seguridad y son 70°C para el mínimo y -10°C para el máximo.

De la hoja del fabricante obtenemos el valor del coeficiente de variación de la tensión en circuito abierto con la temperatura, $\beta = -0,0031 \text{ V}$ por cada grado, y sabiendo que las medidas en condiciones estándar de medida se efectúan a 25°C, tenemos:

$$V_{Mod,OC}(T_c = -10^{\circ}\text{C}) = V_{Mod,OC,STC} + \Delta V = 37,6 + (-35) \times (-0,0031) = 37,7085$$

$$V_{Mod,Max}(T_c = 70^{\circ}\text{C}) = V_{Mod,Max,STC} + \Delta V = 30,5 + (-45) \times (-0,0031) = 30,6395$$

Numero de máximo y mínimos módulos en serie:

$$\max Nms = \left(\frac{V_{Inv,Max}}{V_{Mod,OC}} \right) = \frac{450}{37,7085} = 11,9336$$

$$\min Nms = \left(\frac{V_{Inv,min,MPP}}{V_{Mod,Max}} \right) = \frac{155}{30,6395} = 5,0588$$

Número máximo de módulos en paralelo, dividir la corriente máxima de entrada al inversor entre la de cortocircuito del modulo:

$$\max Nmp = \frac{I_{Inv,max}}{I_{Mod,SC}} = \frac{22}{8,81} = 2,4972$$

De estos cálculos obtenemos que se pueden colocar dos ramas en paralelo, y un mínimo de cinco módulos en serie y un máximo de once. Por lo que la instalación estará constituida por 12 módulos en dos filas paralelas, cada una con seis módulos en serie.

6.8. Cableado

Es el componente indispensable para el transporte de energía eléctrica entre los diferentes componentes del sistema fotovoltaico.

Es inevitable que ocurra la perdida de energía en forma de calor, debido a que la resistencia eléctrica del conductor nunca es nula.

Los conductores utilizados cumplirán las siguientes características:

- No propagación de la llama
- No propagación del incendio
- Libre de halógenos
- Reducida emisión de gases tóxicos
- Baja emisión de humos opacos
- Nula emisión de gases corrosivos

La mejor elección del material del cable se realiza en función de la conductividad. Cuanto más conductivo es un material, menos pérdidas tendrá la instalación. Los materiales con mayor conductividad son el oro y la plata, pero su elevado coste hace que desechemos estos materiales. Los materiales que mejor relación calidad-precio tienen, y por ende los materiales de los que se hacen los cables, son el cobre y el aluminio. El cobre tiene un precio algo más elevado, pero tiene una eficiencia algo mayor. Es por esta razón por la cual el cableado de nuestra instalación se realizará de cobre.

Emplearemos conductores de cobre que estarán aislados con polietileno reticulado XLPE y cubierta de PVC. Estarán además debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen para los cables subterráneos y contra los rayos ultravioleta para los colocados a la intemperie. Tendrán la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos. La sujeción se efectuará mediante bridas de sujeción, procurando no someter una excesiva doblez a los radios de curvatura. Los empalmes se realizarán con accesorios a tal efecto, usando cajas de derivación siempre que sea posible.

6.8.1. Sección de los conductores

Para el cálculo de los conductores se tendrán en cuenta el Reglamento electrotécnico de baja tensión, el pliego de condiciones técnicas de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red IDAE y las instrucciones técnicas complementarias.

Los conductores serán de cobre aislados con polietileno reticulado XLPE y cubierta de PVC, y tensión asignada no inferior a 0,6/1kV. Deberán cumplir los requisitos especificados en la parte correspondiente de la Norma UNE 20.460-5- 523. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas.

Los cables de conexión deben estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador. Para el cableado de paneles, es mejor emplear la corriente de cortocircuito como valor de cálculo, y no la intensidad máxima. Así estaremos más seguros de realizar una instalación fiable. La máxima caída de tensión en los conductores de corriente continua será de 1,5% y en corriente alterna 1%.

Para el cálculo de las secciones de los cables necesarios en la instalación, primero habrá que diferenciar la parte de la instalación en la cual fluye corriente continua y en la que fluye corriente alterna. Como ya sabemos, el inversor es el elemento que transforma la electricidad de continua a alterna, por lo que el método del cálculo de las secciones del cableado será diferente, dependiendo de si se estudia el cableado antes o después del inversor.

La obtención de las secciones adecuadas a cada tramo se calcula a base de dos criterios: criterio térmico y criterio caída de tensión. Una vez obtenidas las secciones correspondientes se elegirá aquella sección que sea superior y se comprobara que cumple con las condiciones.

Criterio térmico, criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento:

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 70°C para cables con aislamiento termoplástico y de 90°C para cables con aislamiento termoestables.

Criterio de la caída de tensión:

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable.

6.8.2. Cableado de corriente continua

El cableado de corriente continua discurrirá sobre el tejado de la vivienda a la intemperie y fijado, hasta que se introduzca en la vivienda mediante una abertura en la pared junto al tejado. Todo el tramo ira fijado a la pared y bajo tubo, hasta llegar al inversor situado en el garaje. Al permanecer una parte a la intemperie tendremos en cuenta que tiene que ser protegido contra los rayos ultravioleta y que puede alcanzar altas temperaturas.

6.8.2.1. Sección de los conductores de corriente continua

Criterio térmico: El cálculo de la sección del cableado, se realiza mediante la corriente máxima, que debe estar dimensionado para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador. En este caso al ser el cableado del generador es mejor emplear la corriente de cortocircuito, expresada en la tabla de características.

$$\begin{aligned}I_{SC} &= 8,81 \\I_{\max} &= I_{SC} \cdot 1,25 = 8,81 \cdot 1,25 = \mathbf{11,0125A} \\I_{\max} &= 11,0125 \cdot 2 = \mathbf{22,025A}\end{aligned}$$

Sabiendo que la intensidad máxima que pasara por el conductor es 22,025A, en tubos de montaje superficial, y que el aislamiento utilizado será de XLPE. Con una sección de **2,5 mm²** sería suficiente para aguantar intensidades de hasta 29 A. (RBT ITC-19)

Criterio caída de tensión:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{C \cdot u}$$

S = Sección del conductor (mm²)

L = Longitud de cada tramo de la línea (m)

I = Intensidad máxima que puede circular por el conductor (A)

$\cos \varphi$ = En corriente continua se elimina

C = Conductividad del cobre 56 (m /Ω · mm²)

u = Caída de tensión en ese tramo (V)

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{C \cdot u}$$

$$S = \frac{2 \cdot 34 \cdot 22,025}{56 \cdot 2,745} = \mathbf{9,7430mm^2}$$

La sección inmediatamente superior a 9,7430mm² es **10mm²**. (RBT ITC-19)

En lo referido a la sección del cable conductor de corriente continua, nos quedaremos con la sección de **10mm²**, por ser esta más restrictiva que el criterio térmico.

Los conductores irán bajo tubo, en canalización fija superficial y su diámetro exterior mínimo será de **25mm**. (RBT ITC-21)

6.8.3. Cableado de corriente alterna

El trazado de la línea de alterna se realizará lo más corto y rectilíneo posible. La primera parte, desde la salida del inversor hasta la caja de protección ira fijado a la pared pero interior y bajo tubo. Desde la salida de la caja de protección hasta la conexión a red, será subterránea. Aprovecharemos la conducción existente de la vivienda para efectuar el tendido de nuestro cableado bajo tubo, hasta la conexión a la red eléctrica.

6.8.3.1. Sección de los conductores de corriente alterna

Conductor desde el inversor hasta la caja de protección:

Criterio térmico: El cálculo de la sección del cableado, se realiza mediante la corriente máxima, que debe estar dimensionado para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador. Cuyo valor nos lo da la tabla de características del inversor, que es el que rige esta intensidad.

$$I_{SC} = 17$$
$$I_{max} = I_{SC} \times 1,25 = 17 \times 1,25 = \mathbf{21,25A}$$

Sabiendo que la intensidad máxima que pasara por el conductor es 21,25A , en tubos de montaje superficial, y que el aislamiento utilizado será de XLPE. Con una sección de **2,5 mm²** sería suficiente para aguantar intensidades de hasta 29 A. (RBT ITC-19)

Criterio caída de tensión:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{C \cdot u}$$

S = Sección del conductor (mm²)

L = Longitud de cada tramo de la línea (m)

I = Intensidad máxima que puede circular por el conductor (A)

$\cos \varphi$ = Se emplea en corriente alterna

C = Conductividad del cobre 56 (m /Ω · mm²)

u = Caída de tensión en ese tramo (V)

$$S = \frac{2 \cdot 1 \cdot 21,25 \cdot 1}{56 \cdot 2,3} = \mathbf{0,33mm^2}$$

La sección inmediatamente superior a 0,33mm² es **1,5mm²**. (RBT ITC-19)

En lo referido a la sección del cable conductor de corriente alterna, desde el inversor hasta la caja de protección nos quedaremos con la sección de **2,5mm²**, por ser esta más restrictiva que el criterio caída de tensión.

Los conductores irán bajo tubo, en canalización fija superficial y su diámetro exterior mínimo será de **16mm**. (RBT ITC-21)

Conductor desde la caja de protección hasta el contador:

Criterio térmico: El cálculo de la sección del cableado, se realiza mediante la corriente máxima, que debe estar dimensionado para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador. Cuyo valor nos lo da la tabla de características del inversor, que es el que rige esta intensidad.

$$I_{SC} = 17$$
$$I_{max} = I_{SC} \times 1,25 = 17 \times 1,25 = \mathbf{21,25A}$$

Criterio caída de tensión:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{C \cdot u}$$

S = Sección del conductor (mm^2)

L = Longitud de cada tramo de la línea (m)

I = Intensidad máxima que puede circular por el conductor (A)

$\cos \varphi$ = Se emplea en corriente alterna

C = Conductividad del cobre 56 ($m / \Omega \cdot mm^2$)

u = Caída de tensión en ese tramo (V)

$$S = \frac{2 \cdot 10 \cdot 21,25 \cdot 1}{56 \cdot 2,3} = \mathbf{3,2997mm^2}$$

Para los conductores enterrados la sección mínima que se puede utilizar para conductores de cobre son **6mm²**. (RBT ITC-7)

En lo referido a la sección del cable conductor de corriente alterna, desde la caja de protección hasta el contador nos quedaremos con la sección de **6mm²**, por ser esta más restrictiva que el criterio térmico.

Los conductores irán bajo tubo, en canalización enterrada y su diámetro exterior mínimo será de **50mm**. (RBT ITC-21)

6.8.4. Elección cableado

Habiendo estudiado las secciones del cable necesarias y las características de esta instalación se ha optado por el cable REVIFLEX de la casa Revi.

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

Norma	UNE 21123-2
Conductor	C Cobre clase 5 según UNE-EN 60228
Aislamiento	A Polietileno reticulado tipo DIX 3 según UNE-HD-603-1
Cubierta	PVC tipo DMV18 según UNE-HD 603-1
Tensión nominal	0.6/1kV
Tensión ensayo	4000V
Temperatura	90°C
Comportamiento al fuego	No propagador de la llama según UNE-EN 60332-1
Secciones	2.3.4.5 x 1.5 a 95 mm²
Colores	● Negro
Embalaje	Rollos de 100m plastificados y bobinas
Colores de fase	2X ● Marrón - ● Azul 3G ● Marrón - ● Azul - ● Amarillo/verde 4G ● Negro - ● Marrón - ● Gris ● Amarillo/verde 5G ● Negro - ● Marrón - ● Gris - ● Azul ● Amarillo/verde 3X ● Negro - ● Marrón - ● Gris 4X ● Negro - ● Marrón - ● Gris - ● Azul



REVIFLEX RV-K 0.6/1kV

Cables unipolares y multipolares con conductor flexible, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de PVC.

APLICACIONES


Adecuados para el transporte y distribución de energía eléctrica en instalaciones fijas protegidas o no. Adecuados para instalaciones interiores y exteriores, sobre soportes, al aire, en tubos o enterrados.

6.8.5. Elección tubo de protección

Para la parte que se encuentra al aire se utilizara, un tubo libre de alógenos y adecuados para el montaje superficial.

LIBRE DE HALÓGENOS				ECOBLINDADO GRIS ENGHUFABLE				CLAS.	1250N	6J	-15C°	+90C°
				Precio en euros para 100 metros								
Nominal	Ref.	Mts. Fardo	Mts. Palet	R3	R4	R5	R6	R7				
16	T21816G6	57	2565	255 €	274 €	295 €	317 €	341 €				
20	T21820G6	57	3420	312 €	335 €	361 €	388 €	417 €				
25	T21825G6	57	2052	430 €	462 €	497 €	534 €	574 €				
32	T21832G6	30	1350	594 €	639 €	686 €	738 €	793 €				
40	T21840G6	30	840	863 €	928 €	997 €	1.072 €	1.153 €				
50	T21850G6	15	600	1.159 €	1.246 €	1.339 €	1.440 €	1.549 €				
63	T21863G6	15	360	1.861 €	1.668 €	1.794 €	1.928 €	2.073 €				

Para la parte que se encuentra enterrada, se utilizara un tubo adecuado para instalaciones enterradas directamente en el suelo.



TUBO DOBLE PARED -N- ROJO Y VERDE Rollos (Normal)

450N

-5C°

Precio en euros para 100 metros

Nominal	Ref. Rojo	Verde	Mts. Rollo	R3	R4	R5	R6	R7
40	T20340R2	T20340V2	50	183 €	196 €	212 €	229 €	247 €
50	T20350R2	T20350V2	50	228 €	245 €	265 €	286 €	309 €
63	T20363R2	T20363V2	50	263 €	283 €	306 €	331 €	357 €
75	T20375R2	--	50	319 €	343 €	270 €	292 €	315 €
90	T20390R2	T20390V2	50	387 €	416 €	450 €	486 €	525 €
110	T20311R2	T20311V2	50	535 €	575 €	621 €	670 €	724 €
125	T20312R2	T20312V2	50	599 €	644 €	695 €	751 €	811 €
160	T20316R2	--	50	803 €	863 €	932 €	1.006 €	1.087 €
200	T20320R1	--	25	1.433 €	1.540 €	1.663 €	1.796 €	1.940 €

6.9. Puesta a tierra

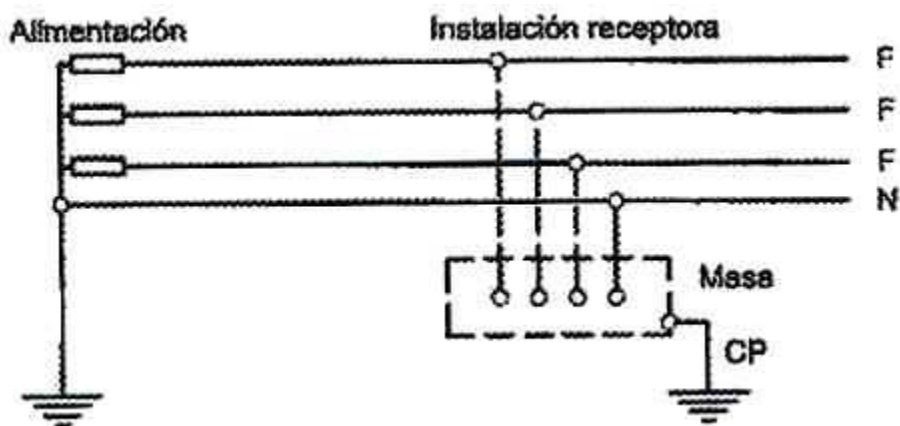
Las centrales de instalaciones generadoras deberán estar provistas de sistemas de puesta a tierra que, en todo momento, aseguren que las tensiones que se puedan presentar en las masas metálicas de la instalación no superen los valores establecidos en la MIE-RAT 013 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de la seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

Los sistemas de puesta a tierra de las centrales de instalaciones generadoras deberán tener las condiciones técnicas adecuadas para que no se produzcan transferencias de defectos a red de distribución pública ni a las instalaciones privadas, cualquiera que sea su funcionamiento respecto de esta: aisladas, asistidas o interconectadas.

La apuesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficies próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligroso y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, ITC-BT-40, establece que cuando la instalación receptora este acoplada a una red de distribución pública que tenga el neutro puesto a tierra, el esquema de puesta a tierra sea el TT y se conecten las masas de la instalación y receptores a una tierra independiente de la del neutro de la red de distribución pública.



Esquema de distribución tipo TT

El conductor de protección discurrirá en paralelo a los conductores de corriente continua y de corriente alterna.

6.9.1. Dimensionado de la puesta a tierra

Las masas de la instalación y receptores se conectarán mediante conductores de protección a una tierra auxiliar. Los conductores se unirán a un conductor de cobre 35 mm^2 de sección que se conecta con el electrodo, formado por una barra de cobre de 2m de longitud. La sección de los conductores de protección será la indicada en la siguiente tabla:

Sección de los conductores de fase de la instalación $S \text{ (mm}^2\text{)}$	Sección mínima de los conductores de protección $S_p \text{ (mm}^2\text{)}$
$S \leq 16$ $16 < S \leq 35$ $S > 35$	$S_p = S$ $S_p = 16$ $S_p = S/2$

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella en cada caso. Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a :

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos

El terreno donde está ubicada nuestra instalación se incluye dentro de los 'Terrenos cultivables y fértiles', ya que antes tenía este uso, por lo que su resistividad será de $\rho = 50 \Omega \cdot m$.

6.10. Protecciones

Para proporcionar seguridad tanto a los equipos que forman la instalación solar fotovoltaica como a las personas y animales domésticos, es necesario proporcionar una serie de elementos de seguridad y protección que aseguren una explotación correcta de la instalación. La instalación incorporará todos los elementos y características necesarias para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

6.10.1. Tipos de fallos de la instalación

Contactos directos: Se trata del contacto accidental de personas o animales domésticos, con un conductor activo o con una pieza conductora que habitualmente está con tensión. Los medios destinados a proteger ante estos contactos son: aislamiento apropiado de todas las partes activas, barreras o envoltentes, obstáculos, partes activas puestas fuera de alcance por alejamiento y dispositivo de corriente diferencial.

Contactos indirectos: Contacto de una persona o animal domestico, con masas metálicas accidentalmente puestas bajo tensión. Normalmente esto se produce cuando el aislamiento

de algún elemento está dañado. La protección ante este contacto se realiza mediante: aislamiento de clase II o equivalente, puesta a tierra, dispositivos de protección...

Sobreintensidades:

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia: puede tener lugar durante un periodo de tiempo prolongado cuando existe un funcionamiento anormal en un receptor. También es muy común cuando determinados receptores accionan cargas que demandan o generan una potencia superior a la habitual.
- Cortocircuito: ocurre cuando dos conductores que están a diferente potencial se ponen directamente en contacto, o a través de un elemento de baja impedancia. La impedancia real del circuito sería el valor de la resistencia del conductor desde el punto donde se ha producido el cortocircuito hasta el elemento siguiente, provocando una intensidad muy elevada y, en caso de que no hubiese protecciones, destruyendo el elemento en cuestión, o incluso provocando un incendio.
- Descargas eléctricas atmosféricas

Se establecen las siguientes normas de protección:

Protección contra sobrecargas: El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor tiene que quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado. El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

Protección contra cortocircuitos: En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados. Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.

Sobretensiones:

Las sobretensiones que se transmiten por las redes de distribución, se originan fundamentalmente, como consecuencia de las descargas atmosféricas, conmutaciones de redes y defectos en las mismas.

La incidencia que la sobretensión puede tener en la seguridad de las personas, instalaciones y equipos, así como su repercusión en la continuidad del servicio está en función de:

- La coordinación del aislamiento de los equipos
- Las características de los dispositivos de protección contra sobretensiones, su instalación y su ubicación
- La existencia de una adecuada red de tierras

6.10.2. Características de los elementos de protección

Los elementos de protección contra sobrecorrientes tienen todas unas características comunes, con el fin de tenerlos definidos para su elección según la instalación proyectada. Las principales características que los definen son:

Calibre: es la intensidad nominal o de referencia a partir de la cual se considera que existe una sobrecorriente, y por lo tanto, a partir de la cual empieza a abrirse el circuito de elemento de protección.

$$I_{calc} < I_N < I_{adm}$$

Su calibre debe ser mayor que la intensidad de cálculo de la línea (I_{calc}), ya que si no saltaría siempre, y debe ser menor que la intensidad admisible de la sección elegida. Esta I_{adm} debe ser la corregida con los factores de corrección del REBT.

Curva de funcionamiento: es un gráfico que suministran los fabricantes y que representa el tiempo de desconexión del interruptor o del dispositivo de protección en función de la intensidad detectada en la línea.

Poder de corte: es la intensidad máxima que es capaz de soportar el elemento de protección sin dañarse. Cuanto más alto sea el poder de corte, más cara será esa protección.

Debe existir entre los elementos de protección del circuito una adecuada coordinación entre ellos. Para garantizar esta coordinación se tienen que cumplir dos reglas:

Selectividad: consiste en establecer una jerarquía de desconexión entre los interruptores principales y los secundarios. Los tiempos de desconexión de los secundarios serán menores que los de aguas arriba (los principales). Esta garantía de desconexión se debe cumplir en lo que respecta al tiempo de desconexión y a los cortocircuitos. La selectividad puede ser total o parcial. Existen dos tipos:

- 1- Cronométrica: el elemento que está aguas abajo es más rápido que el de aguas arriba.
- 2- Amperimétrica: el interruptor que está más abajo debe cortar el circuito ante cortocircuitos antes de que lo haga el superior.

Filiación: afecta a la elección del poder de corte de las protecciones, pudiendo suponer un gran ahorro en la instalación, ya que permite instalar aguas abajo elementos de protección de características menores a las nominales. También se le conoce como efecto cascada.

Esto requiere que el interruptor principal tenga que tener un poder de corte mayor ó igual que la intensidad de cortocircuito donde esté instalado, y además, que esté correctamente coordinado con los secundarios, de forma que si hay cortocircuitos, salte el principal.

6.10.3. Elección de los elementos de protección

La elección de las protecciones se realizará independientemente para cada uno de los circuitos que forman la instalación, diferenciando entre tramos de corriente continua y de corriente alterna, ya que las protecciones deberán ser distintas para cada tramo dependiendo de la naturaleza continua o alterna del tramo y al valor de corriente admisible por los conductores.

6.10.3.1. Protección en corriente continua

A la hora de la elección de las protecciones, tendremos que tener en cuenta la intensidad real máxima. Sabiendo que cada módulo puede dar una intensidad máxima de 8,27A, las dos ramas darán una corriente máxima de 16,54A, y que la intensidad máxima que soportará el cable elegido será de 68A. La protección elegida para este tramo será de un equipo de protección formado por fusibles y un interruptor seccionador .

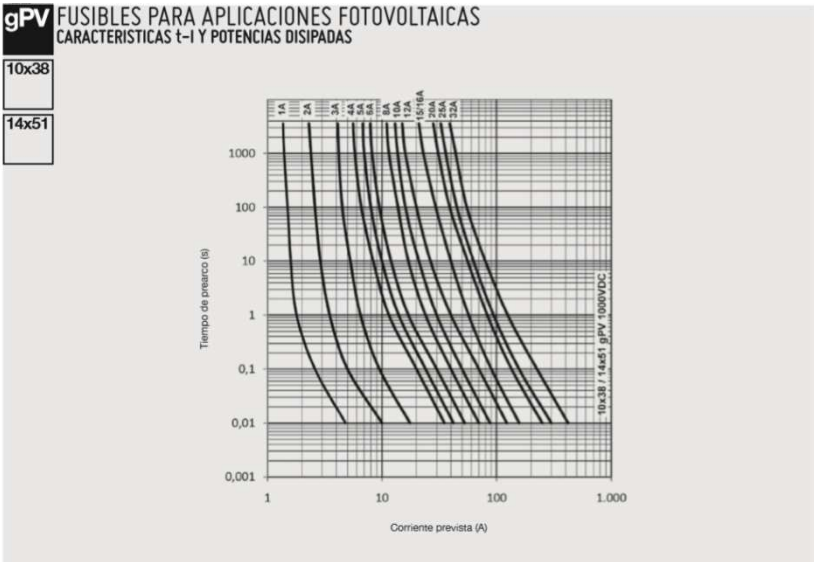
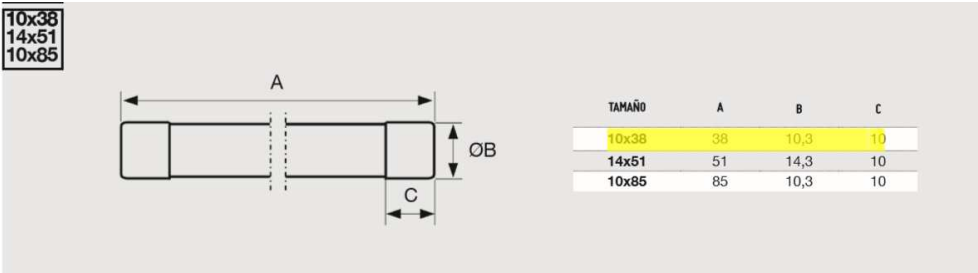
Fusibles:

Este tramo estará protegido contra sobreintensidades mediante fusibles que provoquen la apertura del circuito en caso de producirse una corriente superior a la admisible, por los equipos o conductores de la instalación. Poseerá dos fusibles de idénticas características eléctricas, uno para el conductor de polaridad positiva y otro para el de polaridad negativa.

El fusible está constituido por un soporte adecuado, un filamento o lámina de un metal ó aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por el Efecto Joule. Cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos. El principal inconveniente que tiene esta protección es que una vez fundido hay que cambiarlo, no se puede rearmar.

Los fusibles elegidos de la casa Electric, son fusibles cilíndricos para aplicaciones fotovoltaicas, que proporcionan protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Están destinados principalmente a ofrecer una solución de protección compacta, segura y económica en instalaciones fotovoltaicas. Están contruidos con tubo cerámico de alta resistencia a la presión interna y a los choques térmicos lo que permite un alto poder de corte en un reducido espacio. Los contactos están realizados en cobre plateado y los elementos de fusión son de plata, lo que evita el envejecimiento y mantiene inalterables las características. Tiene una intensidad nominal de 25A y poder de corte de 30kA.

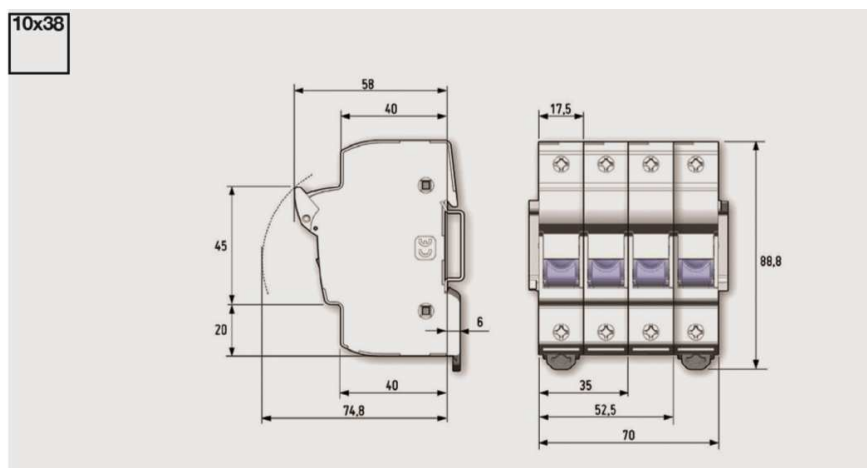
DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA
VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED



Portafusibles:

	POLOS	MODULOS	REFERENCIA	DESCRIPCION	I _n (A)	U (VDC)	EMBALAJE Unid./CAJA
10x38							
SIN INDICADOR	1	1	485150	UNIPOLAR	32	1000	12/192
	2	2	485151	BIPOLAR	32	1000	6/96
CON INDICADOR	1	1	485152	UNIPOLAR	32	1000	12/192
	2	2	485153	BIPOLAR	32	1000	6/96

485152



Interruptor-Seccionador:

El interruptor de continua que se instalará en este tramo de la instalación, tendrán la función de aislar la zona del generador para labores de mantenimiento de los módulos solares como tareas correctivas o preventivas.

Para la elección de los interruptores-seccionadores se tendrán en cuenta dos parámetros, la tensión de servicio de la línea y la corriente que deben ser capaces de interrumpir al abrirse. Para esta instalación dichos parámetros vendrán dados por la corriente de cortocircuito que pueda producirse en cada panel por el número de ramales que conecta el interruptor-seccionador y la tensión máxima de servicio será la tensión máxima que puede darse en la instalación.

Se ha optado por el interruptor-seccionador de la casa Eaton, modelo P-SOL. Tiene sistema de apertura rápida y maniobra de forma independiente que garantiza una rápida extinción del arco de ruptura. El seccionamiento es bipolar. La corriente nominal es de 30A.



Los fusibles y el interruptor seccionador se colocan dentro de una caja de protección. En este caso la caja de protección elegida es de la casa Legrand, culebrona precintable.



Cubrebornas precintables en color blanco RAL 9003, de material aislante.
Capacidad en módulos de 17,5 mm.
Disponibles en 2 y 4 módulos.

Con estos elementos, el circuito de corriente continua quedaría totalmente protegido.

Normalmente, en toda instalación se suele colocar interruptores diferenciales, con el fin de evitar la electrocución de personas en caso de tocar elementos que estén en tensión por un fallo del aislamiento de algún elemento. A pesar de esto, en este tipo de instalaciones no es frecuente, ya que el inversor te avisa cuando ocurre este fallo, parándose la producción. Así pues, bastará con observar el estado del inversor antes de manipular cualquier elemento de la instalación.

6.10.3.2. Protección en corriente alterna

El sistema de protecciones de este tramo deberá acogerse a la normativa vigente sobre la conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión, y además, tener en cuenta los requisitos de conexión de la empresa propietaria de la distribución de energía eléctrica en el punto de conexión a red de la instalación fotovoltaica, en este caso Iberdrola Distribución.

Para evitar sobreintensidades que puedan dañar nuestro circuito y para proteger a las personas ante fallos de aislamiento y contactos directos o indirectos, se instalarán en la parte de corriente alterna justo después del inversor, una protección magnetotérmica y otra diferencial.

Sabiendo que la intensidad máxima que ofrece el inversor en su salida en corriente alterna es de 17 A, y que la intensidad máxima que soportará el cable elegido será de 29A, hemos optado por los siguientes elementos:

Interruptor diferencial:

Los interruptores diferenciales proporcionan protección a las personas contra descargas eléctricas, tanto en el caso de contactos directos como contactos indirectos y también protección a las instalaciones ya que detectan las fugas a tierra midiendo la corriente que circula por los conductores. Es un imán toroidal el cual detecta el campo magnético que crea la intensidad de bajada y el campo que crea la intensidad de subida. Si estas intensidades son iguales, todo funciona bien, porque el campo resultante es cero, pero cuando hay un defecto en la instalación, las intensidades de subida y de bajada no son las mismas, por lo que el campo magnético resultante es distinto de cero, creándose una tensión que opera el interruptor. Deben poseer una intensidad diferencial-residual máxima de 30mA para aplicaciones domésticas y 300mA para otras aplicaciones.

El interruptor diferencial elegido en el modelo CA F202 PV B, F204 B, de la casa ABB. Se han diseñado para su instalación en convertidores FV monofásicos y trifásicos. Confieren protección contra riesgos de incendio y corrientes de fuga. Los dispositivos permiten ahorrar

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

dinero y mejoran el rendimiento global al utilizar convertidores FV sin un transformador de aislamiento interno. Su intensidad nominal es de 25A y intensidad diferencial-residual máxima de 300mA.



Interruptor magnetotérmico:

Proporciona protección contra sobrecargas. Este elemento está, a su vez, formado por dos protecciones diferenciadas: relé magnético y relé térmico.

Relé magnético: Detecta la intensidad cuando esta aumenta rápidamente. Este mecanismo cumple la tarea esencial de proteger a la línea de sobrecargas muy bruscas e intensas como los cortocircuitos.

Relé térmico: Se compone de dos metales que al circular una intensidad superior a la estipulada, se calienta y se doblan las placas para que el interruptor abra el circuito. No es instantánea como la protección magnética.

Se ha escogido el interruptor automático magnetotérmico iK60N de la casa Schneider Electric. Con intensidad nominal de 20A y poder de corte de 6kA.



DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

El interruptor diferencial y el interruptor magnetotermico y se colocan dentro de una caja de protección. En este caso la caja de protección elegida es de la casa Legrand, culebrona precintable.



Cubrebornas precintables en color blanco RAL 9003, de material aislante.
Capacidad en módulos de 17,5 mm.
Disponibles en 2 y 4 módulos.

Interruptor general de interconexión:

Interruptor general de interconexión o interruptor general manual, que será un interruptor magnetotérmico, con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.

Este interruptor protege frente a sobrecargas y sobreintensidades, y permite separar con todas las garantías la instalación fotovoltaica de la red para trabajos de reparación y/o mantenimiento por parte de la distribuidora. Además se exige, por parte de la distribuidora, que este dispositivo en su posición de abierto pueda ser bloqueado.

El poder de corte del dispositivo debe ser superior a la intensidad de cortocircuito máxima que pueda presentarse en la instalación, dato que tiene que ser facilitado por la compañía distribuidora. Las normas de Iberdrola Distribución fijan un valor mínimo de 6 kA.

Se ha escogido el interruptor automático magnetotérmico iK60N de la casa Schneider Electric. Con intensidad nominal de 20A y poder de corte de 6kA.



Fusibles:

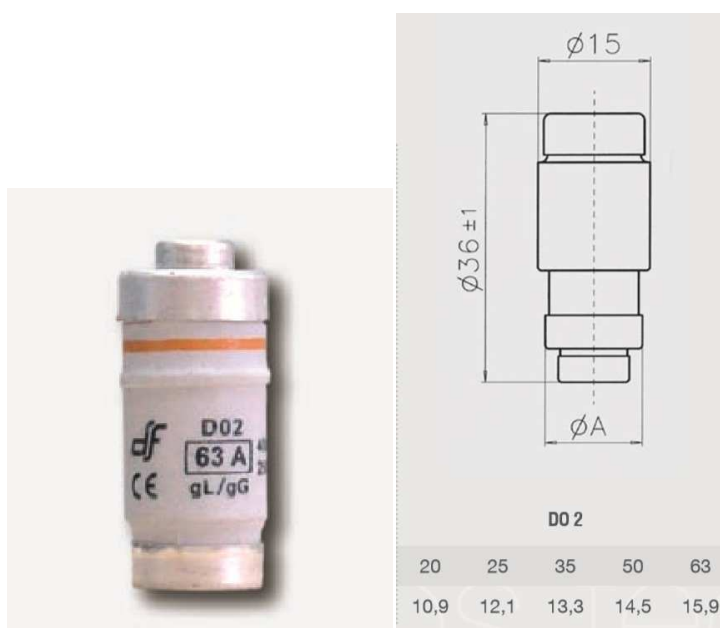
Antes de la conexión a red se colocaran fusibles como protección contra sobreintensidades. Los fusibles provocaran la apertura del circuito en caso de producirse una corriente superior a

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

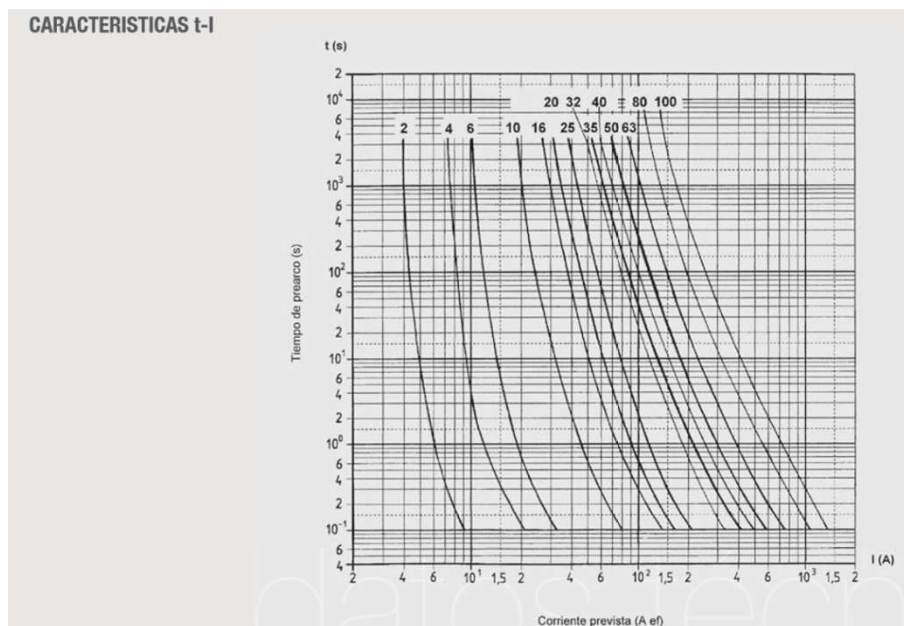
la admisible por los equipos o conductores de la instalación. Poseerá dos fusibles de idénticas características eléctricas, uno para cada conductor.

El fusible está constituido por un soporte adecuado, un filamento o lámina de un metal ó aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por el Efecto Joule. Cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos. El principal inconveniente que tiene esta protección es que una vez fundido hay que cambiarlo, no se puede rearmar.

Los fusibles a utilizar son de la marca Electric, modelo DO 2. Con intensidad nominal de 20A y poder de corte de 50kA.



DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED



Portafusibles:

DO 2

63	210163 ⁽¹⁾	TORNILLO	E 18	BRIDA - BRIDA	20
63	211163 ⁽¹⁾	PRESION	E 18	BRIDA - BRIDA	20
63	210263 ⁽¹⁾	TORNILLO	E 18	BRIDA - TORNILLO	20
63	211263 ⁽¹⁾	PRESION	E 18	BRIDA - TORNILLO	20
63	212563-F ⁽²⁾	PLETINA	E 18	BRIDA - PLETINA	250
63	212663 ⁽²⁾	PLETINA	E 18	BRIDA - PLETINA	20



210263

TAPONES ROSCADOS

I_n (A)	REFERENCIA	COLOR	ROSCA	POLOS	EMBALAJE Unid./CAJA
DO 1					
16	210016		E 14		20
DO 2					
63	210063		E 18		20
DO 3					
100	210100		M 30		20



210016

TAPAS DE PROTECCION

DO 1 - DO 2

16 - 63	220063	E 14	UNIPOLARES	50/250
DO 2				
63	220363	E 18	TRIPOLARES	10
DO 3				
100	220100	M 30	UNIPOLARES 2 ALAS	10
100	220101*	M 30	UNIPOLARES 1 ALA	10



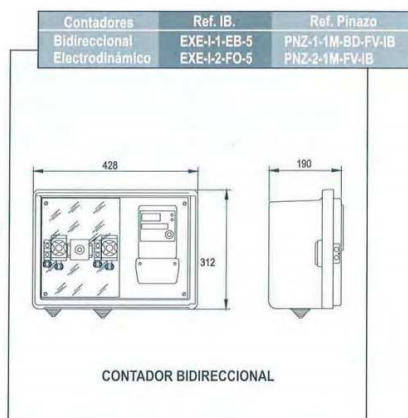
220063

El interruptor general de interconexión, los fusibles y el contador bidireccional se colocaran dentro de una caja de protección. La caja escogida es de Iberdrola para instalaciones fotovoltaicas, es un armario para exterior empotrado.

Instalación empotrada hasta 5 kW

Componentes

- Armario fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio.
- Cierre triangular de tres puntos con posibilidad de bloqueo por candado.
- Placa soporte para el montaje de un contador monofásico electrónico bidireccional o dos equipos de medida electrodinámicos de inducción.
- Bases cortacircuitos tipo Neozed tamaño DO3 de 100 A.
- Borne de Neutro.
- Cable conductor tipo H07Z-R no propagador de incendios de reducida emisión de humos y exento de halógenos.



7. CALCULO DE LA POTENCIA-ENERGIA GENERADA POR LA INSTALACION FOTOVOLTAICA

7.1. Calculo teórico de la energía generada por la instalación

Para calcular la energía generada por los módulos fotovoltaicos, tenemos que tener en cuenta el valor del factor de rendimiento energético (en inglés *performance ratio* o PR), que nos indica cuánto varía la eficiencia energética del módulo en las condiciones meteorológicas reales respecto a la eficiencia en condiciones estándar.

Dependiendo del tipo de módulo, puede variar entre 0,6 y 1. En él se engloban todas las pérdidas de eficiencia que el módulo puede tener por no encontrarse en las condiciones de referencia de laboratorio, es decir, por estar a una temperatura más elevada, expuesto a niveles de irradiación mucho menores, con un cierto grado de suciedad acumulada sobre el vidrio, con un gran porcentaje de radiación difusa... El PR del módulo depende de la ubicación en la que se vaya a instalar el módulo.

El valor del factor de rendimiento energético no es un valor real, sino estimativo, ya que no se sabe su valor real hasta que no realizas la instalación.

Obtenemos el valor aproximado de este factor de la siguiente tabla, teniendo en cuenta el ángulo de inclinación de los paneles. Los valores de la tabla son genéricos para todo el sur de Europa.

Inclinación (β)	ORIENTACION							
	NORTE		SUR		ESTE		OESTE	
	PR _{max} (%)	F _{DI,max}	PR _{max} (%)	F _{DI,max}	PR _{max} (%)	F _{DI,max}	PR _{max} (%)	F _{DI,max}
0°	84,40	0,78	84,40	0,78	84,40	0,78	84,40	0,78
10°	84,70	0,72	84,10	0,84	84,50	0,79	84,10	0,78
20°	85,10	0,64	83,90	0,88	84,60	0,80	83,80	0,79
30°	86,70	0,54	83,80	0,90	84,60	0,82	83,40	0,79
40°	87,50	0,50	83,90	0,90	84,60	0,82	83,20	0,79
50°	85,10	0,50	84,10	0,90	84,80	0,82	83,30	0,78
60°	87,80	0,50	84,60	0,88	85,10	0,80	83,60	0,76
70°	88,10	0,50	85,20	0,85	85,60	0,78	84,20	0,74
80°	88,50	0,50	85,90	0,80	86,20	0,74	84,90	0,70
90°	88,70	0,50	86,70	0,74	87,00	0,68	85,80	0,65

El valor del factor de rendimiento energético para nuestra instalación será de 0,839.

La productividad de referencia (Y_R), se define como el cociente entre la irradiación solar incidente sobre el generador a lo largo de un cierto periodo de tiempo (G), y la Irradiación en condiciones estándar (I_{STC}). El valor de la Irradiancia en condiciones estándar es de 1 kW/m^2

Para estimar la producción anual, calcularemos la producción teórica de energía eléctrica generada por la instalación, se partirá de los datos de radiación solar del emplazamiento de la vivienda, el valor de la media anuales de radiación solar diaria es de $G = 4,2 \text{ kWh/m}^2$. Multiplicando este valor por los 365 días del año, nos queda un valor anual de 1522 kWh/m^2 .

$$Y_R = G/I_{STC} = 1522/1 = 1522 \text{ kWh/kW}$$

El valor de la productividad final:

$$Y_F = 1522 \cdot PR = 1522 \cdot 0,839 = 1276,958 \text{ kWh/kW}$$

Sabiendo que la Potencia nominal de la instalación es:

$$P = 12 \text{modulos} \cdot 250\text{W} = 3\text{kW}$$

Calculamos la energía generada por la instalación fotovoltaica (E):

$$E = P \cdot Y_F = 3\text{kW} \cdot 1276,958 \text{ kWh/kW} = \mathbf{3830,874 \text{ kWh}}$$

7.2. Resultados obtenidos por el programa PVGIS

A continuación, a modo de obtener una aproximación lo más cercana a la realidad, se ha procedido a evaluar el sistema en el programa PVGIS.

PVGIS estimación de la producción de electricidad solar:

Rendimiento del sistema FV conectado a red.

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA
VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

Lugar: 42°51'40" Norte, 1°46'34" Oeste, Elevación: 468 m.s.n.m,

Base de datos de radiación solar empleada: PVGIS-CMSAF

Potencia nominal del sistema FV: 3.0 kW (silicio cristalino)

Pérdidas estimadas debido a la temperatura y niveles bajos de irradiancia: 13.5% (utilizando la temperatura ambiente local)

Pérdidas estimadas debido a los efectos de la reflectancia angular: 3.0%

Otras pérdidas (cables, inversor, etc.): 14.0%

Pérdidas combinadas del sistema FV: 27.8%

Sistema fijo: inclinación=18°, orientación=10°				
Mes	E_d	E_m	H_d	H_m
Ene	4.76	148	2.04	63.1
Feb	6.93	194	3.01	84.4
Mar	9.61	298	4.34	134
Abr	11.10	332	5.09	153
Mayo	12.50	387	5.88	182
Jun	13.80	413	6.64	199
Jul	14.40	447	6.98	216
Ago	12.90	400	6.23	193
Sep	11.00	331	5.20	156
Oct	7.92	245	3.60	112
Nov	5.55	167	2.41	72.2
Dic	4.49	139	1.92	59.6
Media anual	9.59	292	4.45	135
Total para el año	3500		1620	

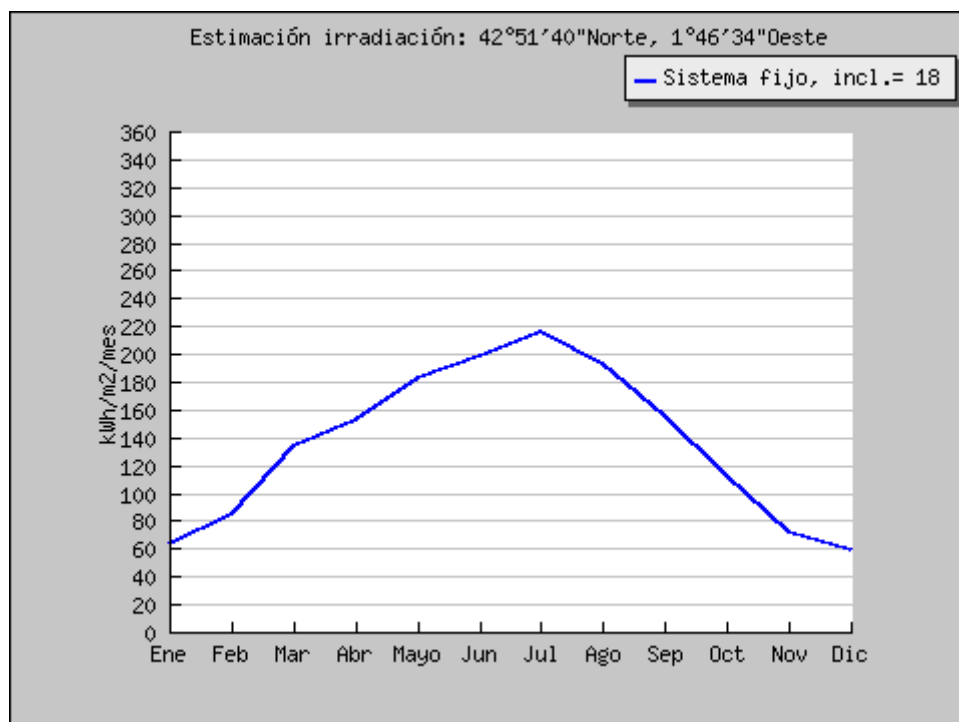
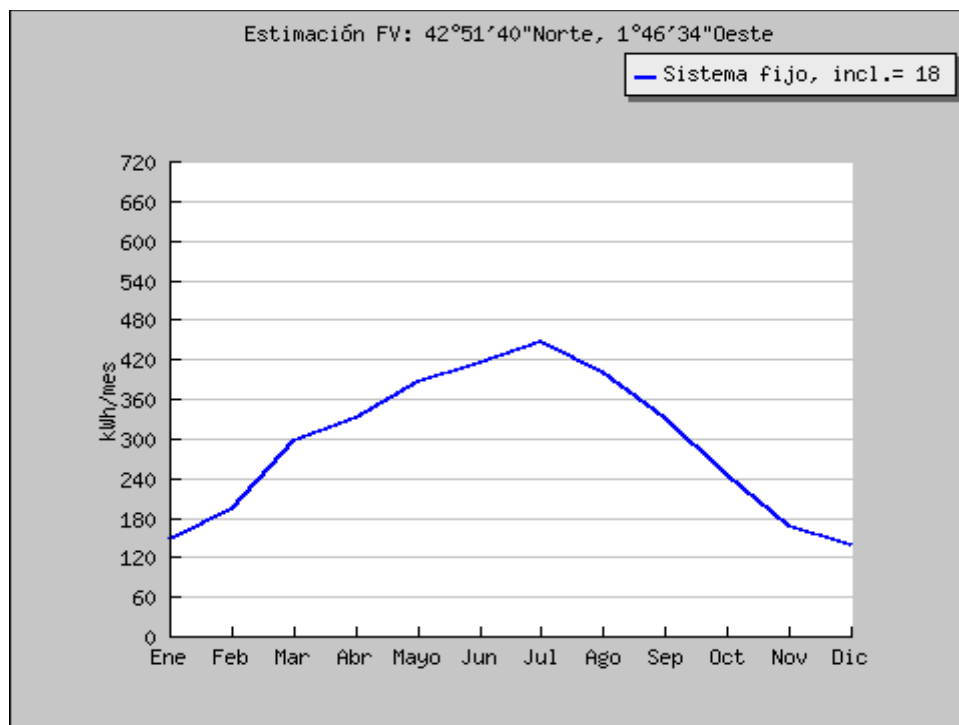
E_d : Producción de electricidad media diaria por el sistema dado (kWh)

E_m : Producción de electricidad media mensual por el sistema dado (kWh)

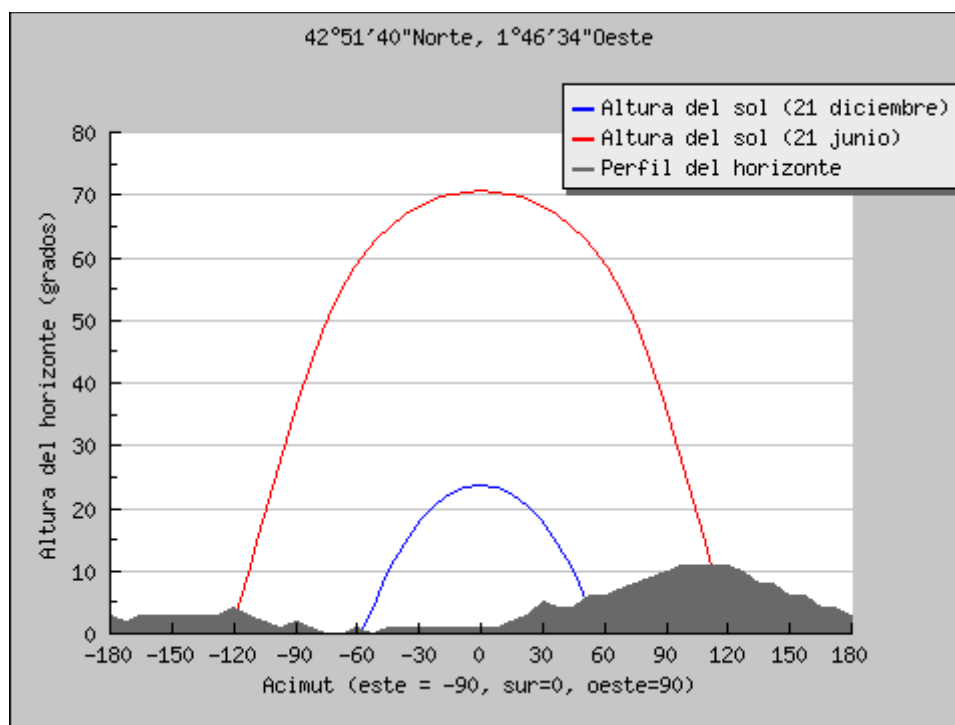
H_d : Media diaria de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado (kWh/m²)

H_m : Suma media de la irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh/m²)

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED



DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA
VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED



8. Estudio de impacto ambiental:

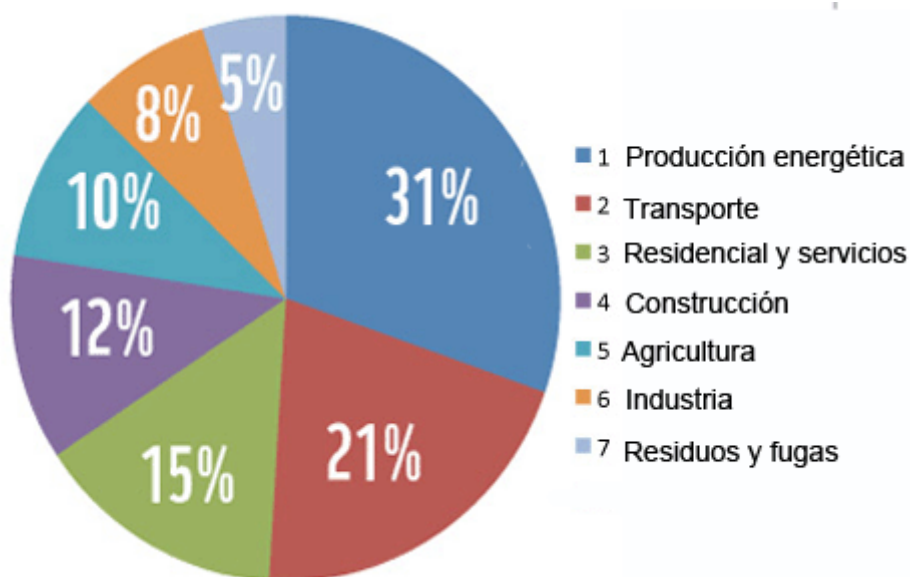
8.1. Introducción

Las instalaciones fotovoltaicas en viviendas con conexión a red tienen un impacto medioambiental que podemos considerar prácticamente nulo, si analizamos diferentes factores: ruido, emisiones, destrucción de flora y fauna, impacto visual, residuos... Pero en el proceso de fabricación de sus componentes sí que se produce un impacto sobre el medioambiente.

El cambio climático está provocado por un incremento de la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera, que ocasiona que un mayor porcentaje de los rayos del sol queden “atrapados” en la misma produciendo así una subida de temperatura a nivel global. El principal de los GEI emitidos a la atmósfera por el ser humano es el dióxido de carbono (CO_2) que resulta como consecuencia de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) utilizados para la producción de energía y el transporte. Otros GEI son el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), clorofluorocarburos (CFC) y compuestos perfluorados.

Las actividades humanas han provocado un aumento de las concentraciones de CO_2 en la atmósfera sin precedentes en los últimos años. Este aumento se debe principalmente al uso de combustibles de origen fósil, aunque también existe una aportación menor por los cambios en el uso de la tierra.

Sectores que generan mayor cantidad de gases de efecto invernadero:



Fuente WWF

En el sector eléctrico debido a las tecnologías alternativas, la reducción de emisiones es más sencilla. Requiere una transición urgente hacia un modelo de desarrollo sostenible basado en la eficiencia y en la equidad, así como en la apuesta decidida por las energías renovables.

8.2. Impacto ambiental de la instalación

8.2.1. Impacto ambiental durante la fabricación

En los procesos de fabricación de los módulos fotovoltaicos, componentes electrónicos para los inversores, estructuras, cables... Es donde las emisiones gaseosas a la atmósfera y vertidos al sistema de saneamiento, pueden tener mayor impacto sobre el medioambiente.

Los residuos tóxicos y peligrosos están regulados por el Real Decreto 833/1988 de 20 de Julio. En este documento se encuentran reglamentadas las actuaciones en materia de eliminación de este tipo de residuos, que se resume en un correcto etiquetado y en su almacenamiento hasta la retirada por empresas gestoras de residuos, ya que no se pueden verter al sistema de saneamiento. Los principales residuos de esta clase son: disoluciones de metales, aceites, disolventes orgánicos restos de los dopantes y los envases de las materias primas que han contenido estos productos. Los ácidos y los álcalis empleados en los procesos de limpieza pertenecen a la clase de residuos que se eliminan a través del sistema integral de saneamiento. Estos están regulados por la ley 10/1993 de 26 de Octubre. Esta ley limita las concentraciones máximas de contaminantes que es posible verter, así como la temperatura y el pH. Las desviaciones con respecto a los valores marcados por la ley se reflejan en el incremento de la tasa de depuración.

Considerado todo el ciclo de vida del kilovatio hora de origen renovable, existen emisiones de CO_2 en las fases de fabricación, transporte o instalación de los equipos, por lo que el balance global es positivo aunque siempre inferior al de la generación eléctrica con fuentes convencionales.

El impacto principal se produce en las operaciones de extracción de las materias primas, ya que aunque la mayoría de las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, material obtenido a partir de la arena y por tanto muy abundante en la naturaleza, es necesario transformarlo con consumo de energía hasta conseguir silicio de grado solar.

En la fase de uso las cargas ambientales son despreciables, y en la fase de eliminación, después de la vida útil, pueden establecerse vías claras de reutilización o retirada, aunque hasta el momento, dado el escaso volumen, esta poco estudiado.

En cuanto a la energía consumida en el proceso de fabricación, tenemos el dato de que en un tiempo de entre 2 y 5 años, los módulos fotovoltaicos devuelven la energía consumida en la fabricación, periodo muy inferior a la vida prevista para estos que es superior a los 20 años.

8.2.2. Impacto ambiental durante el funcionamiento

Análisis del impacto ambiental durante su funcionamiento:

- Emisiones: Las emisiones producidas por la energía solar fotovoltaica, son nulas al no producirse combustión alguna de combustible generando así algún gas contaminante para la atmósfera.

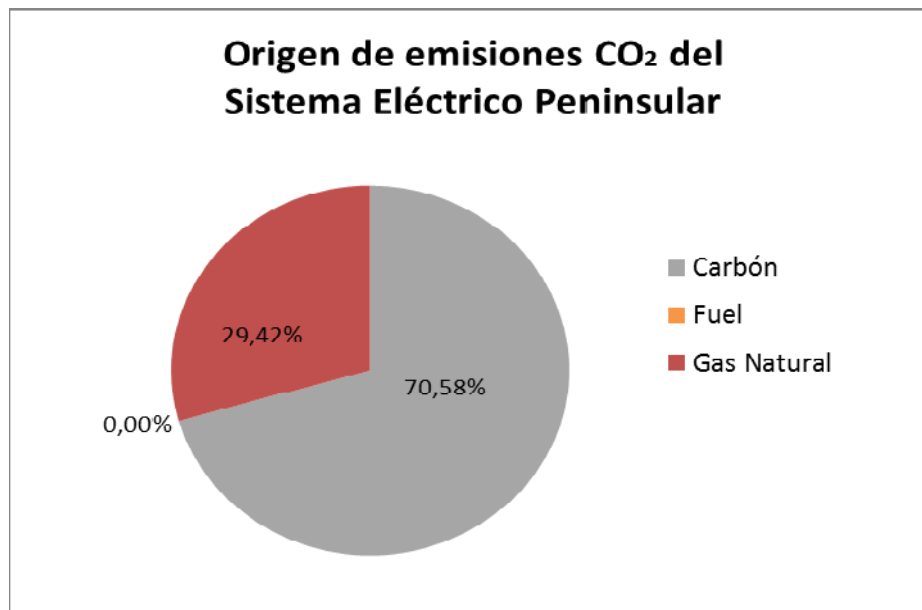
- Destrucción de flora o fauna: Ninguno de los equipos de la instalación tiene efecto de destrucción sobre la flora o fauna.
- Ruidos: La generación de energía eléctrica mediante módulos fotovoltaicos, no produce ruido alguno que pueda causar molestias o daños en el medio ambiente, ya que no se produce movimiento alguno de piezas o equipos. Únicamente puede producirse impacto acústico mediante el inversor, que emite un leve sonido. Aunque ya de por sí es muy pequeño, en nuestro caso lo vamos a considerar nulo, ya que para evitar molestias el inversor se ha situado en el interior de la vivienda.
- Impacto visual: El impacto visual es uno de los pocos inconvenientes que poseen este tipo de instalaciones. En este caso, el impacto visual se reduce al mínimo puesto que la instalación está sobreexpuesta al tejado de la vivienda en una zona poco visible desde el exterior.
- Residuos: El funcionamiento de los equipos de la instalación no vierte ningún tipo de vertido al exterior.

8.3. Emisiones evitadas por el uso del sistema fotovoltaico

Dejando a un lado los criterios económicos, las instalaciones solares fotovoltaicas se están implantando sobre todo por consideraciones ecológicas. El balance desde este punto de vista es totalmente favorable, tanto en reducción de emisiones, como en el balance energético.

Los sistemas fotovoltaicos solo generan emisiones en fase de fabricación directa y sobre todo, indirectamente, por la energía invertida. Una vez amortizada la inversión energética, la energía producida durante el resto de su vida útil está libre de emisiones. Por tanto, se evitan las emisiones que se producirían si se generara esta energía con energía convencional.

Toda la energía generada con un sistema fotovoltaico equivale a un ahorro de energía generada con otras fuentes, con toda probabilidad con mayor grado de poder contaminante, lo que conlleva una reducción de emisiones.



Fuente REE y WWF

Cuando realizas una instalación de este tipo, siempre es interesante saber una aproximación de la cantidad de emisiones contaminantes vertidas al medio ambiente que puedes evitar. Para ello, se suele hacer una aproximación de los agentes contaminantes que se reducen realizando una instalación de estas características.

Con datos obtenidos de WWF, "World Wildlife Fund" "Fundación Mundial de la Naturaleza", del mes de Marzo de 2014:

Dióxido de carbono (CO₂): 0,071 kg/kWh

Dióxido de azufre (SO₂): 0,136 g/kWh

Óxidos de nitrógeno (NO_x): 0,102 g/kWh

Residuos radiactivos:

Baja y media actividad: 0,00266 cm³ /kWh

Alta actividad: 0,325 mg/kWh

Calcularemos el impacto ambiental del consumo eléctrico en la vivienda en Marzo de 2014. Para ello basta con multiplicar el consumo eléctrico de dicho mes con los factores anteriores.

$$\text{Consumo electrico Marzo 2014} = 357\text{kWh}$$

Dióxido de carbono (CO₂): $0,071 \cdot 357 = 25,347\text{kg}$

Dióxido de azufre (SO₂): $0,136 \cdot 357 = 48,552\text{g}$

Óxidos de nitrógeno (NO_x): $0,102 \cdot 357 = 36,414\text{g}$

Residuos radiactivos:

Baja y media actividad: $0,00266 \cdot 357 = 0,94962\text{cm}^3$

Alta actividad: $0,325 \cdot 357 = 116,025\text{mg}$

Hay que tener presente que las emisiones podrán variar de un mes a otro según el consumo y la proporción de carbón, gas natural y/o fuel-gas quemados en las centrales y la producción hidroeléctrica. Los residuos nucleares también podrán variar en función de la participación de la generación nuclear en la generación eléctrica de cada mes.

9. PLAN DE VIABILIDAD

9.1. Marco legal

En toda Europa, y especialmente en los países del sur, asistimos en los últimos tiempos a una dura política de ajuste de las economías nacionales a la reestructuración global sufrida por los mercados financieros. En España, estos ajustes han afectado a sectores estratégicos como el energético, y en concreto a las energías renovables. El resultado es la incertidumbre jurídica derivada de un marco normativo en constante cambio, así como múltiples pleitos abiertos (y por abrir) contra el Estado español.

La Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, que hasta su reciente derogación ha constituido el marco jurídico fundamental de la energía eléctrica en España, inauguró el proceso de liberalización del sector eléctrico mediante la consagración del principio de libre competencia.

En el entonces novedoso marco normativo, las energías renovables no consumibles, entre ellas la solar fotovoltaica, hasta un potencia máxima de 50 MW quedaban encuadradas en el denominado “régimen especial”, que reconocía a los productores el derecho de acceso prioritario a las redes de transporte y distribución, así como la posibilidad de que el Gobierno complementara su régimen retributivo mediante la percepción de una prima o tarifa.

A partir del año 2004, pero principalmente desde el año 2007, el Gobierno español estableció como prioridad de su política el fomento de las energías renovables en su conjunto. Para la tecnología solar fotovoltaica, se estableció un objetivo de potencia instalada de referencia de 371 MW hasta el año 2010. Así, el Real Decreto 661/2007 definió un sistema ilimitado en cuanto a la potencia a instalar, retribuido mediante una tarifa regulada que representaba 500 veces el valor real de la electricidad en el mercado eléctrico.

Como resultado de estas medidas, en el periodo de un año se había instalado en España un total de 1.000 MW (frente a los 371 MW planificados), lo que llevó al Gobierno a la primera limitación de las tarifas mediante la aprobación del Real Decreto 1578/2008.

El Real Decreto 1578/2008 estableció un nuevo marco retributivo más restrictivo (aunque aún atractivo) para nuevas instalaciones, que supuso un recorte de aproximadamente el 30% respecto de la tarifa anterior. Asimismo, se limitó el número de instalaciones con derecho a tarifa y el plazo de percepción de la misma (25 años). Las instalaciones sujetas a este régimen convivieron con las acogidas al Real Decreto 661/2007.

El empeoramiento general de la economía española, unido al problema de déficit de ingresos del sistema eléctrico, llevaron a los sucesivos Gobiernos a partir del año 2010 a aprobar una serie de medidas para instalaciones ya en funcionamiento, que generaron en el sector una

grave situación de incertidumbre. Entre otras, se limitó a 25 años el plazo de percepción de la tarifa para las instalaciones sujetas al Real Decreto 661/2007; asimismo se estableció un límite anual de horas con derecho a tarifa regulada en función de las 5 zonas solares climáticas en las que se dividió el territorio español; finalmente se introdujo un nuevo impuesto del 7% a la producción eléctrica en general. En enero de 2012 el Gobierno suspendió temporalmente la asignación de tarifas para nuevas instalaciones.

En 2013 y 2014 presentaron nuevos reales decretos de regulación del régimen jurídico y económico para las instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos con retribución primada que modifica el modelo retributivo de las instalaciones existentes.

Todas las reformas parciales iniciadas en 2010 han sido impugnadas de manera generalizada por los pequeños propietarios, las asociaciones del sector así como los grandes inversores, pero también por los Gobiernos de algunas Comunidades Autónomas. Los principales argumentos que sirven de base a dichas demandas giran en torno a la violación de los principios de seguridad jurídica, confianza legítima e irretroactividad de las leyes.

9.2. Análisis factura eléctrica

El Ministerio de Industria, Energía y Turismo ha decidido modificar el mecanismo con el que se determina el precio de la energía en la tarifa eléctrica regulada, desde el 1 de abril el precio de la electricidad varía cada día y hora a hora.

El coste de la energía que consumimos depende de las empresas generadoras. Cada día los distintos agentes -empresas generadoras- venden su producción en el mercado para cubrir la demanda de electricidad prevista. Cada central oferta su producto a un precio, las de gas suelen marcar los precios más caros por sus mayores costes. Se van aceptando las ofertas de las tecnologías más baratas hasta cubrir la demanda prevista aunque todas cobran el precio de la más cara.

Existen muchas tarifas y compañías comercializadoras diferentes que ofrecen distintas ofertas. Pero a la hora de la factura, en todas nos aparecen los mismos apartados que reflejan el coste de la energía que hay que pagar:

- Energía facturada: Cantidad de energía consumida en un periodo de tiempo.
- Potencia facturada: Potencia contratada, potencia máxima que el usuario tiene derecho a consumir.
- Impuesto sobre la electricidad: Se aplica al consumo y a la potencia. Se calcula de la forma establecida por la legislación, multiplicando el porcentaje 4,865% por el total del coste del consumo más la potencia y por 1,05113.
- Alquiler del equipo de medida
- Impuesto sobre el valor añadido o I.V.A

El coste de la energía consumida, se fijaba mediante subastas trimestrales, las denominadas Cesur. En estas pujas se establecía un precio de la electricidad para todo el trimestre, protegido por contratos de cobertura financiera, con el objetivo de evitar a los consumidores posibles volatilidades del mercado. Según los cálculos de Industria, los consumidores han

pagado anualmente unos 300 millones de euros de más en el coste de la energía a los agentes que ofrecen estas coberturas financieras, medido entre el precio medio del mercado y el efectivamente pagado. Esto supone un sobre coste de 1.160 millones de euros para los consumidores en los cuatro años de vigencia del modelo de subasta Cesur.

El modelo propuesto ahora elimina las coberturas financieras y vincula el componente energético directamente al mercado mayorista. Es decir, los consumidores pagarán la electricidad consumida al precio medio del mercado en el periodo de facturación. Aquellos que dispongan de contador con discriminación horaria, pagarán cada hora de consumo al precio exacto que haya tenido el mercado en ese momento. Estos nuevos precios solo se aplicarán a los consumidores con una potencia contratada no superior a 10 kilowatios (kW) y actuarán sobre el término variable de energía de su factura, esto es, sobre la cantidad de kilovatios hora, que el operador del sistema calcula.

Para que cada consumidor pueda calcular y así realizar un consumo responsable a sus necesidades, Red Eléctrica de España (REE) ha empezado a publicar los nuevos precios de la electricidad en cada una de las horas del día siguiente, lo que servirá de referencia a los usuarios con contadores digitales para mejorar la gestión de su consumo.

Esto servirá para los consumidores con la tarifa regulada, pero hay otras opciones, acudir al mercado libre. Las comercializadoras ofrecen distintas opciones y a partir de ahora estarán obligadas a incorporar un modalidad anual de tarifa, con un precio estable para todo un año.

9.3. Amortización

Las partes de la factura eléctrica, que se analizaran, con el objetivo de realizar el estudio de amortización de la instalación fotovoltaica son las siguientes:

- Energía facturada
- Impuesto sobre la electricidad
- Impuesto por el valor añadido o I.V.A.

La vivienda en la que se realizara la instalación dispone de una tarifa PVPC (precio voluntario para el pequeño consumidor) sin discriminación horaria, de 3,45kW de potencia contratada. Con la que se paga la electricidad a 0,124107 €/kWh aproximadamente.

La demanda de energía anual de esta vivienda es de 3500kWh. Con lo que en lo referente al consumo eléctrico se debería pagar 434,3745€. A esto hay que sumarle el impuesto sobre la electricidad y el valor añadido, con lo que pagarían 552,4650€ al año por la energía consumida.

En esta instalación fotovoltaica a realizar, la energía que no se pueda utilizar en la vivienda será inyectada a red y pagaran al productor 0,05€/kWh. Pero por el autoconsumo conectado a red hay que pagar un "peaje" estipulado por el gobierno, de unos 40€ al año aproximadamente ya que esta cantidad varia.

Para saber el ahorro que podríamos obtener mediante la instalación, se estudiaran varios supuestos:

Supuesto 1:

Si mediante la instalación se cubriría el total de la energía demandada el ahorro anual sería de 512,4650€.

Supuesto 2:

Si la instalación cubriera la mitad de la energía demandada 1750 kWh y la otra mitad la inyectara a red 1750 kWh, se ahorraría 236,2326€ y el productor cobraría 87,5€.

Supuesto 3:

Mediante los cálculos realizador, por simulación PVSOL, sabemos que aproximadamente en un año, la energía utilizada directamente en la vivienda será 1271,3kWh y la inyectada a red 2062,5 kWh. Lo que proporciona un ahorro de 160,6711€ y el productor cobraría 103,125€ por la energía inyectada a red.

Supuesto 4:

Si mediante la instalación solo de cubriera 800kWh y 2062,5 kWh se inyectara a red. Proporcionaría un ahorro de 229,4€ y el productor cobraría 103,1€.

Para un mayor ahorro energético en la vivienda, basta con realizar un consumo responsable y seguir las siguientes pautas:

- Adecuar la tarifa que tenemos a nuestra demanda
- Comparar las tarifas y precios de las comercializadoras
- Bajar en la medida de lo posible, la potencia contratada
- Renovar los electrodomésticos de la vivienda por electrodomésticos eficientes
- Cambiar las bombillas, por bombillas de bajo consumo
- Apagar los aparatos eléctricos en stand by

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA
VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

SUPUESTO 1

						Ahorro impuestos				
Años	Energía consumida en la vivienda Kw/h	Precio de energía	Energía inyectada a red kW/h	Ahorro consumo kW/h × €	Cobro a la red	Impuesto sobre electricidad	I.V.A.	Ahorro anual	Ahorro acumulado	Amortización (Euros)
1	3.000	0,124107	-	372,3	-	19,0	82,2	473,5	433,5	-6.381,8
2	3.000	0,13031235	-	390,9	-	20,0	86,3	497,2	890,8	-5.924,5
3	3.000	0,136827968	-	410,5	-	21,0	90,6	522,1	1.372,8	-5.442,5
4	3.000	0,143669366	-	431,0	-	22,0	95,1	548,2	1.881,0	-4.934,3
5	3.000	0,150852834	-	452,6	-	23,1	99,9	575,6	2.416,6	-4.398,7
6	3.000	0,158395476	-	475,2	-	24,3	104,9	604,4	2.981,0	-3.834,3
7	3.000	0,16631525	-	498,9	-	25,5	110,1	634,6	3.575,6	-3.239,7
8	3.000	0,174631012	-	523,9	-	26,8	115,6	666,3	4.201,9	-2.613,4
9	3.000	0,183362563	-	550,1	-	28,1	121,4	699,6	4.861,5	-1.953,8
10	3.000	0,192530691	-	577,6	-	29,5	127,5	734,6	5.556,2	-1.259,1
11	3.000	0,202157225	-	606,5	-	31,0	133,9	771,3	6.287,5	-527,8
12	3.000	0,212265087	-	636,8	-	32,6	140,6	809,9	7.057,4	242,1
13	3.000	0,222878341	-	668,6	-	34,2	147,6	850,4	7.867,8	1.052,5
14	3.000	0,234022258	-	702,1	-	35,9	155,0	892,9	8.720,8	1.905,5
15	3.000	0,245723371	-	737,2	-	37,7	162,7	937,6	9.618,3	2.803,0
16	3.000	0,25800954	-	774,0	-	39,6	170,9	984,5	10.562,8	3.747,5
17	3.000	0,270910017	-	812,7	-	41,6	179,4	1.033,7	11.556,5	4.741,2
18	3.000	0,284455517	-	853,4	-	43,6	188,4	1.085,4	12.601,9	5.786,6
19	3.000	0,298678293	-	896,0	-	45,8	197,8	1.139,6	13.701,5	6.886,2
20	3.000	0,313612208	-	940,8	-	48,1	207,7	1.196,6	14.858,1	8.042,8
21	3.000	0,329292818	-	987,9	-	50,5	218,1	1.256,4	16.074,5	9.259,2
22	3.000	0,345757459	-	1.037,3	-	53,0	229,0	1.319,3	17.353,8	10.538,5
23	3.000	0,363045332	-	1.089,1	-	55,7	240,4	1.385,2	18.699,1	11.883,8
24	3.000	0,381197599	-	1.143,6	-	58,5	252,4	1.454,5	20.113,5	13.298,2
25	3.000	0,400257479	-	1.200,8	-	61,4	265,1	1.527,2	21.600,8	14.785,5

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

SUPUESTO 2

SUPUESTO 2						Ahorro impuestos				
Años	Energía consumida en la vivienda Kw/h	Precio de energía	Energía inyectada a red kW/h	Ahorro consumo kW/h × €	Cobro a la red	Impuesto sobre electricidad	I.V.A.	Ahorro anual	Ahorro acumulado	Amortización (Euros)
1	1.750	0,124107	1.750,0	217,2	87,5	11,1	47,9	363,7	323,7	-6.491,6
2	1.750	0,13031235	1.750,0	228,0	87,5	11,7	50,3	377,5	661,3	-6.154,0
3	1.751	0,136827968	1.751,0	239,6	87,6	12,2	52,9	392,3	1.013,5	-5.801,8
4	1.752	0,143669366	1.752,0	251,7	87,6	12,9	55,6	407,7	1.381,3	-5.434,0
5	1.753	0,150852834	1.753,0	264,4	87,7	13,5	58,4	424,0	1.765,3	-5.050,0
6	1.754	0,158395476	1.754,0	277,8	87,7	14,2	61,3	441,1	2.166,3	-4.649,0
7	1.755	0,16631525	1.755,0	291,9	87,8	14,9	64,4	459,0	2.585,3	-4.230,0
8	1.756	0,174631012	1.756,0	306,7	87,8	15,7	67,7	477,8	3.023,1	-3.792,2
9	1.757	0,183362563	1.757,0	322,2	87,9	16,5	71,1	497,6	3.480,7	-3.334,6
10	1.758	0,192530691	1.758,0	338,5	87,9	17,3	74,7	518,4	3.959,1	-2.856,2
11	1.759	0,202157225	1.759,0	355,6	88,0	18,2	78,5	540,2	4.459,3	-2.356,0
12	1.760	0,212265087	1.760,0	373,6	88,0	19,1	82,5	563,2	4.982,5	-1.832,8
13	1.761	0,222878341	1.761,0	392,5	88,1	20,1	86,6	587,2	5.529,7	-1.285,6
14	1.762	0,234022258	1.762,0	412,3	88,1	21,1	91,0	612,5	6.102,3	-713,0
15	1.763	0,245723371	1.763,0	433,2	88,2	22,1	95,6	639,1	6.701,4	-113,9
16	1.764	0,25800954	1.764,0	455,1	88,2	23,3	100,5	667,1	7.328,5	513,2
17	1.765	0,270910017	1.765,0	478,2	88,3	24,4	105,5	696,4	7.984,9	1.169,6
18	1.766	0,284455517	1.766,0	502,3	88,3	25,7	110,9	727,2	8.672,1	1.856,8
19	1.767	0,298678293	1.767,0	527,8	88,4	27,0	116,5	759,6	9.391,7	2.576,4
20	1.768	0,313612208	1.768,0	554,5	88,4	28,3	122,4	793,6	10.145,3	3.330,0
21	1.769	0,329292818	1.769,0	582,5	88,5	29,8	128,6	829,3	10.934,6	4.119,3
22	1.770	0,345757459	1.770,0	612,0	88,5	31,3	135,1	866,9	11.761,5	4.946,2
23	1.771	0,363045332	1.771,0	643,0	88,6	32,9	141,9	906,3	12.627,8	5.812,5
24	1.772	0,381197599	1.772,0	675,5	88,6	34,5	149,1	947,7	13.535,5	6.720,2
25	1.773	0,400257479	1.773,0	709,7	88,7	36,3	156,6	991,2	14.486,8	7.671,5

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA
VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

SUPUESTO 3

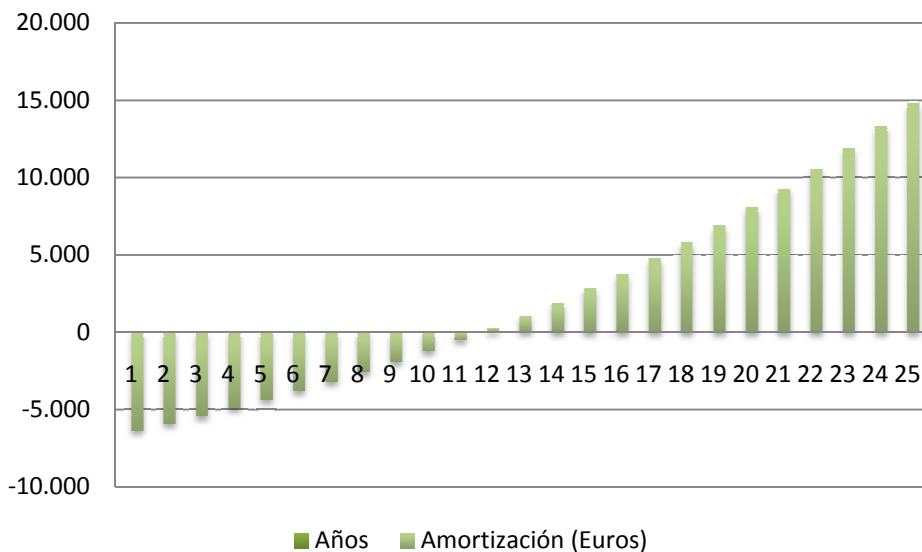
						Ahorro impuestos				
Años	Energía consumida en la vivienda Kw/h	Precio de energía	Energía inyectada a red kW/h	Ahorro consumo kW/h × €	Cobro a la red	Impuesto sobre electricidad	I.V.A.	Ahorro anual	Ahorro acumulado	Amortización (Euros)
1	1.271	0,124107	2.062,5	157,8	103,1	8,1	34,8	303,8	263,8	-6.551,5
2	1.271	0,13031235	2.062,5	165,7	103,1	8,5	36,6	313,8	537,6	-6.277,7
3	1.272	0,136827968	2.063,5	174,1	103,2	8,9	38,4	324,6	822,2	-5.993,1
4	1.273	0,143669366	2.064,5	182,9	103,2	9,4	40,4	335,9	1.118,1	-5.697,2
5	1.274	0,150852834	2.065,5	192,2	103,3	9,8	42,4	347,8	1.425,9	-5.389,4
6	1.275	0,158395476	2.066,5	202,0	103,3	10,3	44,6	360,2	1.746,1	-5.069,2
7	1.276	0,16631525	2.067,5	212,3	103,4	10,9	46,9	373,4	2.079,5	-4.735,8
8	1.277	0,174631012	2.068,5	223,1	103,4	11,4	49,2	387,1	2.426,6	-4.388,7
9	1.278	0,183362563	2.069,5	234,4	103,5	12,0	51,7	401,6	2.788,2	-4.027,1
10	1.279	0,192530691	2.070,5	246,3	103,5	12,6	54,4	416,8	3.165,0	-3.650,3
11	1.280	0,202157225	2.071,5	258,8	103,6	13,2	57,1	432,8	3.557,7	-3.257,6
12	1.281	0,212265087	2.072,5	272,0	103,6	13,9	60,0	449,5	3.967,3	-2.848,0
13	1.282	0,222878341	2.073,5	285,8	103,7	14,6	63,1	467,2	4.394,4	-2.420,9
14	1.283	0,234022258	2.074,5	300,3	103,7	15,4	66,3	485,7	4.840,1	-1.975,2
15	1.284	0,245723371	2.075,5	315,6	103,8	16,1	69,7	505,2	5.305,3	-1.510,0
16	1.285	0,25800954	2.076,5	331,6	103,8	17,0	73,2	525,6	5.790,9	-1.024,4
17	1.286	0,270910017	2.077,5	348,5	103,9	17,8	76,9	547,1	6.298,0	-517,3
18	1.287	0,284455517	2.078,5	366,2	103,9	18,7	80,8	569,7	6.827,6	12,3
19	1.288	0,298678293	2.079,5	384,8	104,0	19,7	84,9	593,4	7.381,0	565,7
20	1.289	0,313612208	2.080,5	404,3	104,0	20,7	89,3	618,3	7.959,3	1.144,0
21	1.290	0,329292818	2.081,5	424,9	104,1	21,7	93,8	644,5	8.563,8	1.748,5
22	1.291	0,345757459	2.082,5	446,5	104,1	22,8	98,6	672,0	9.195,7	2.380,4
23	1.292	0,363045332	2.083,5	469,2	104,2	24,0	103,6	700,9	9.856,6	3.041,3
24	1.293	0,381197599	2.084,5	493,0	104,2	25,2	108,8	731,3	10.547,9	3.732,6
25	1.294	0,400257479	2.085,5	518,1	104,3	26,5	114,4	763,2	11.271,1	4.455,8

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA
VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

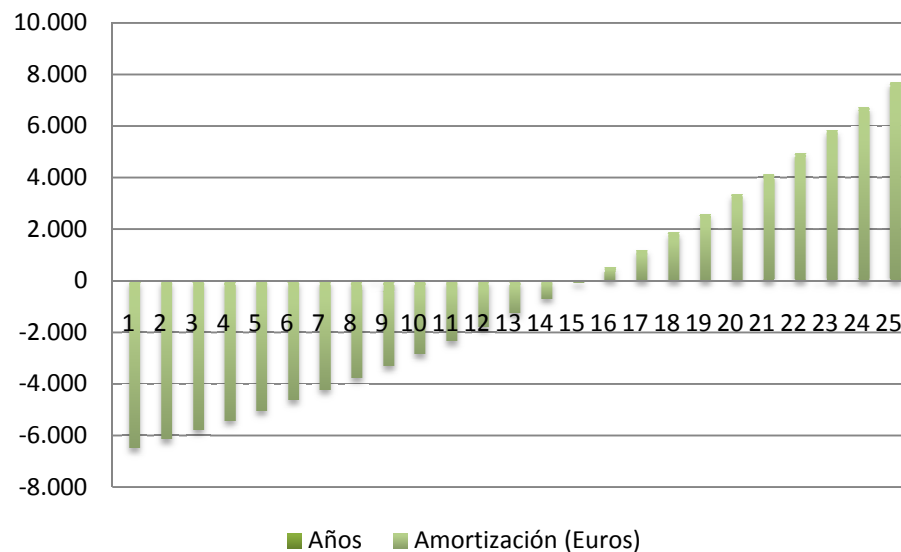
SUPUESTO 4

						Ahorro impuestos				
Años	Energía consumida en la vivienda Kw/h	Precio de energía	Energía inyectada a red kW/h	Ahorro consumo kW/h × €	Cobro a la red	Impuesto sobre electricidad	I.V.A.	Ahorro anual	Ahorro acumulado	Amortización (Euros)
1	800	0,124107	2.062,5	99,3	103,1	5,1	21,9	229,4	189,4	-6.625,9
2	800	0,13031235	2.063,5	104,2	103,2	5,3	23,0	235,8	385,2	-6.430,1
3	801	0,136827968	2.064,5	109,6	103,2	5,6	24,2	242,6	587,8	-6.227,5
4	802	0,143669366	2.065,5	115,2	103,3	5,9	25,4	249,8	797,6	-6.017,7
5	803	0,150852834	2.066,5	121,1	103,3	6,2	26,7	257,4	1.015,0	-5.800,3
6	804	0,158395476	2.067,5	127,3	103,4	6,5	28,1	265,3	1.240,4	-5.574,9
7	805	0,16631525	2.068,5	133,9	103,4	6,8	29,6	273,7	1.474,1	-5.341,2
8	806	0,174631012	2.069,5	140,8	103,5	7,2	31,1	282,5	1.716,6	-5.098,7
9	807	0,183362563	2.070,5	148,0	103,5	7,6	32,7	291,7	1.968,3	-4.847,0
10	808	0,192530691	2.071,5	155,6	103,6	8,0	34,3	301,4	2.229,7	-4.585,6
11	809	0,202157225	2.072,5	163,5	103,6	8,4	36,1	311,6	2.501,3	-4.314,0
12	810	0,212265087	2.073,5	171,9	103,7	8,8	38,0	322,4	2.783,7	-4.031,6
13	811	0,222878341	2.074,5	180,8	103,7	9,2	39,9	333,6	3.077,3	-3.738,0
14	812	0,234022258	2.075,5	190,0	103,8	9,7	41,9	345,5	3.382,8	-3.432,5
15	813	0,245723371	2.076,5	199,8	103,8	10,2	44,1	357,9	3.700,7	-3.114,6
16	814	0,25800954	2.077,5	210,0	103,9	10,7	46,4	371,0	4.031,7	-2.783,6
17	815	0,270910017	2.078,5	220,8	103,9	11,3	48,7	384,7	4.376,4	-2.438,9
18	816	0,284455517	2.079,5	232,1	104,0	11,9	51,2	399,2	4.735,6	-2.079,7
19	817	0,298678293	2.080,5	244,0	104,0	12,5	53,9	414,4	5.110,0	-1.705,3
20	818	0,313612208	2.081,5	256,5	104,1	13,1	56,6	430,4	5.500,4	-1.314,9
21	819	0,329292818	2.082,5	269,7	104,1	13,8	59,5	447,1	5.907,5	-907,8
22	820	0,345757459	2.083,5	283,5	104,2	14,5	62,6	464,8	6.332,3	-483,0
23	821	0,363045332	2.084,5	298,1	104,2	15,2	65,8	483,3	6.775,6	-39,7
24	822	0,381197599	2.085,5	313,3	104,3	16,0	69,2	502,8	7.238,4	423,1
25	823	0,400257479	2.086,5	329,4	104,3	16,8	72,7	523,3	7.721,7	906,4

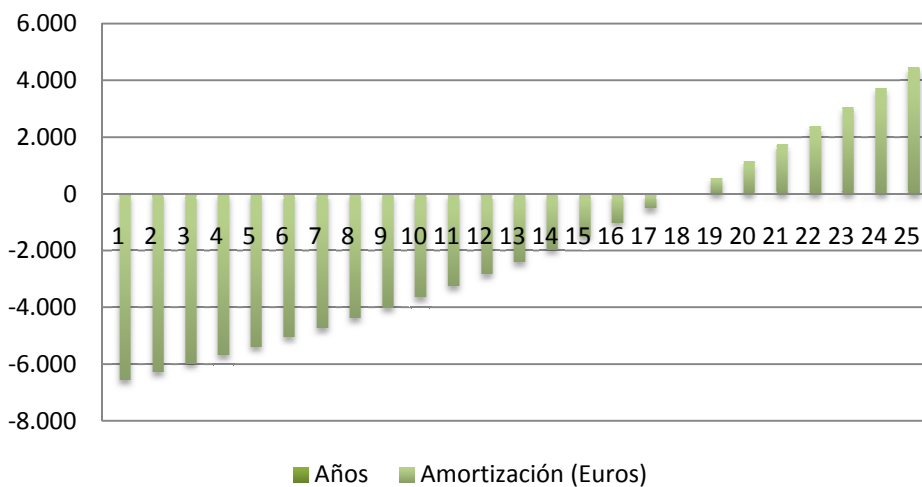
SUPUESTO 1



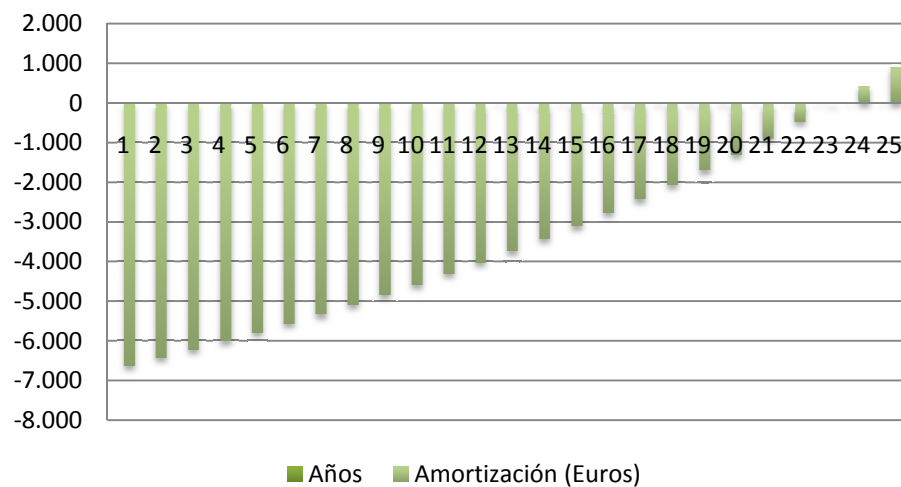
SUPUESTO 2



SUPUESTO 3



SUPUESTO 4



10. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACION

Para garantizar una alta productividad de la instalación, es esencial reducir los periodos de parada por avería o mal funcionamiento. Para ello son necesarias tanto la supervisión del usuario del sistema, como la asistencia de un servicio técnico.

En cualquier caso, las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red ofrecen muy pocos requerimientos de mantenimiento preventivo y, en general, son poco susceptibles a sucesos que provoquen la intervención de un mantenimiento correctivo. Sin embargo, es recomendable seguir el programa de mantenimiento detallado a continuación.

Mantenimiento a cargo del usuario:

Supervisión general: Comprobación general de que todo está funcionando correctamente. Para ello basta observar los indicadores de los inversores, con lo que se comprueba que el inversor recibe energía del campo solar y genera corriente alterna.

Limpieza: Eliminación de hiervas, ramas, objetos o suciedad que proyecten sombras sobre las células fotovoltaicas.

Verificación visual del campo fotovoltaico: Comprobación de eventuales problemas en las fijaciones de la estructura sobre el edificio, aflojamiento de tornillos, aparición de zonas de oxidación, etc.

Verificación de las medidas: La verificación periódica de las cifras de electricidad generada nos permitirá detectar bajadas imprevistas de producción, que serian síntoma de un mal funcionamiento. La producción queda registrada en el contador de venta de electricidad que mensualmente hay que anotar para la emisión de la correspondiente factura. El balance mensual, aunque varia a lo largo del año, se mantiene en torno a un máximo y un mínimo que se debe conocer, por lo que se podrá detectar rápidamente una bajada no habitual de producción, lo cual podría indicar que se está produciendo un mal funcionamiento.

11. RESUMEN PRESUPUESTO

El presupuesto previsto para la instalación y la mano de obra es de seis mil ochocientos ochenta y tres euros **6883 €**.

12. CONCLUSIONES

En las pequeñas instalaciones es difícil ajustar la instalación requerida a los espacios disponibles y conseguir un alto rendimiento, y además, ajustarlo todo a un coste no demasiado elevado para poder rentabilizar la inversión realizada.

Por estas razones es importante realizar un buen dimensionamiento de la instalación antes de realizarla. Hacer diferentes estudios teniendo en cuenta el consumo y las características del lugar, es algo indispensable para poder sacarle el máximo rendimiento.

Nos encontramos en un momento de cambio en lo que se refiere a la facturación eléctrica diaria, y al mundo de la energía fotovoltaica.

La rentabilidad del proyecto va a estar muy ligada al precio que se pague por la energía. En los últimos meses se han realizado diversas modificaciones tanto en el precio como en la forma de facturación. A día de hoy, son muy recientes para hacer valoraciones, habrá que esperar unos meses para ver las repercusiones en el precio de la electricidad.

Por otro lado la energía fotovoltaica ha recibido un gran impulso a nivel mundial, mediante inversiones e investigación, debido a esto el coste de la instalación ha disminuido considerablemente. Esto podría haber generado un gran impulso en el sector, pero los últimos cambios legislativos van a dificultar ese proceso. Las modificaciones realizadas en los últimos tiempos en el mundo de la energía fotovoltaica a nivel Español, está llevando al sector a un punto de gran incertidumbre, ya que son totalmente opuestos a las llevadas a cabo hace unos años, las cuales dieron un gran impulso a este tipo de instalaciones.

La energía fotovoltaica es una gran inversión, muy beneficiosa para el desarrollo energético. Pero debido a la incertidumbre jurídica derivada de un marco normativo en constante cambio, a día de hoy solo queda esperar y ver como repercuten estas decisiones en el sector.

13. BIBLIOGRAFIA

En la realización del presente proyecto se ha utilizado la siguiente documentación:

Libros y apuntes:

QUADRI, NESTOR PEDRO. 1994. *Energía Fotovoltaica*.
Buenos Aires: Librería y Editorial Alaina.

CASTAÑER MUNOZ, LUIS. 1994. *Energía Solar fotovoltaica*
Barcelona: UPC.

FERNANDEZ SALGADO, JOSE MARIA. 2007. *Guía completa de la energía solar fotovoltaica*.
Madrid: A. Madrid Vicente.

1993. *Manual de energía solar fotovoltaica*.
Madrid.

TORRES ESCRIBANO, JOSE LUIS. 2001. *Temas de interés en energía Solar fotovoltaica*.
UPNA.

ORTEGA RODRIGUEZ, MARIO. *Energías renovables*.

DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

Energía Solar fotovoltaica.

Serie: Mundo electrónico.

GONZALEZ VELASCO, JAIME. *Energías renovables.*

Editorial Reverte.

ESTEIRE, EVA; MADRID, ANA; MADRID, ANTONIO. *Energia berriztagarriak. Eskuliburu teknikoa.*

CASANOVA COLAS, JOSE. *Curso de energía solar.*

Universidad de Valladolid/Caja Salamanca y Soria.

SABADY, PIERRE ROBERT. *Practica de la energía solar.*

Biblioteca de construcción.

FERNANDEZ SALGADO, JOSE M^a. *Compendio de energía solar: fotovoltaica, térmica y termoeléctrica.*

AMV ediciones Mundi-prensa.

Apuntes de la asignatura de instalaciones eléctricas

Reglamento electrotécnico para baja tensión

Apuntes de la asignatura de instalaciones eléctricas

Software utilizados:

PVSOL Expert 4.0

AutoCAD 2015

Microsoft office 2007

Páginas web:

Instituto para la diversificación y ahorro energético: www.idae.es

Gobierno de Navarra: www.navarra.es

Ayuntamiento de pamplona: www.pamplona.es

Mapas: www.googlemaps.es

Mapas: www.sitna.navarra.es

Iberdrola: www.iberdrola.es

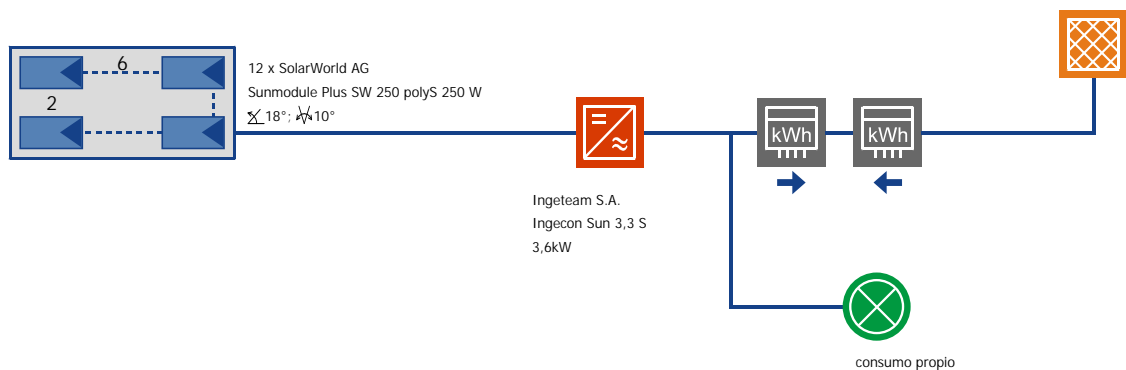
Clima: www.aemet.es

Unión Española Fotovoltaica: www.unef.es

Comisión Nacional de la Energía: www.cne.es

Sistema de información geográfica fotovoltaica: PVGIS

14. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROGRAMA PV SOL



Ubicación:	TMYPamplonaLarrabide
Archivo de datos climáticos:	TMYPamplonaLarrabide
Potencia FV:	3,00 kWp
Superficie FV bruta/ de referencia:	20,12 / 20,18 m ²

Irradiación sobre el generador FV:	31.276 kWh
Energía producida por el generador FV(AC):	3.333,8 kWh
Energía inyectada en la red:	2.062,5 kWh
Demanda de consumo:	3.500,0 kWh
Energía del gen. FV usada directamente:	1.271,3 kWh
Energía suministrada por la red:	2.245,3 kWh

Fracción solar:	94,8 %
Grado de eficiencia del sistema:	10,6 %
Performance Ratio (Eficiencia del sistema):	71,3 %
Eficiencia del inversor:	91,2 %
Eficiencia del generador FV:	11,7 %
Rendimiento específico anual:	1.106 kWh/kWp
Emisión de CO2 evitada	2.598 kg/a

Los resultados son calculados usando un modelo matemático. El rendimiento real del sistema FV puede variar debido a las variaciones de las condiciones climáticas, módulos, eficiencia del inversor y otros factores. El diagrama anterior es un esbozo, y no puede reemplazar el dibujo técnico profesional del sistema FV.

Nombre del proyecto:	Simulación	17/07/2014
Nombre de variante:	Variante del sistema	

Sistema conectado a la red

Ubicación:	TMYPamplonaLarrabide	Potencia FV:	3,00 kWp
Archivo de datos climáticos:	TMYPamplonaLarrabide	Superficie FV bruta/ de referencia:	20,1 m ² / 20,2 m ²
Nº. de subgeneradores:	1		

Nombre del subgenerador

Potencia:	3,00 kW	Reflexión del suelo:	20,0 %
Superficie de referencia / bruta:	20,1 m ² / 20,2 m ²	Pérdidas de potencia por	
Módulo FV	12 x	Desviación de AM 1.5:	1,0 %
Fabricante:	SolarWorld AG	Desviación de las especificaciones del fabricante:	2,0 %
Tipo:	Sunmodule Plus SW 250 polyS	En diodos:	0,5 %
Potencia nominal:	250 W	Por ensuciamiento:	0,0 %
Desviación de la potencia nominal:	0 %		
Eficiencia (STC):	15,0 %		
Nº. de Módulos en serie:	6		
Tensión MPP (STC):	183 V		
Orientación:	10,0 °		
Ángulo de inclinación:	18,3 °		
Instalación:	Con ventilación trasera		
Sombra:	No		

Inversor del sistema

Fabricante:	Ingeteam S.A.	Rendimiento europeo:	93,5 %
Tipo:	Ingecon Sun 3,3 S	Nº de seguidores MPP:	1
Potencia:	3,63 kW	Seguimiento MPP:	155 V hasta 450 V

Cargas 1 (Perfil de carga)

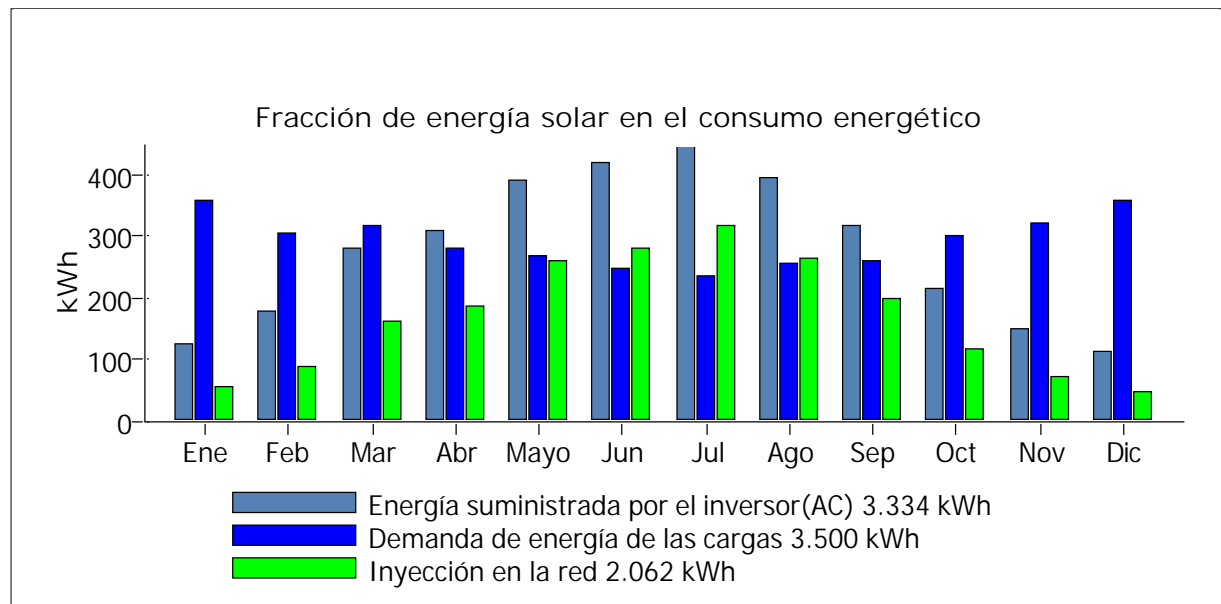
Demanda anual:	3.500 kWh		
Valor horario máximo:	0,88 kW		
Consumo al fin de semana:	Sábado: 100 %	Domingo: 100 %	
Perfil de consumo:	-Por favor seleccione un perfil de carga-		
Periodos de vacaciones:	ninguna		

Consumo total de las cargas individuales: 0 kWh

Carga individual 1	Tipo: Carga que no depende del usuario	0 kWh
--------------------	--	-------

Resultados de la simulación para el sistema completo

Irradiación sobre la horizontal:	27.738 kWh	Consumo propio:	16,6 kWh
Irradiación sobre el generador FV:	31.276 kWh	Energía producida por el generador FV:	3.636 kWh
Irradiación menos reflexión:	29.734 kWh	Fracción solar:	94,8 %
Energía suministrada por el inversor(AC):	3.334 kWh	Grado de eficiencia del sistema:	10,6 %
Energía inyectada en la red:	2.062 kWh	Performance Ratio:	71,3 %
Demanda de consumo:	3.500 kWh	Rendimiento global (Final yield):	3,0 h/d
Uso directo del gen-FV:	1.271 kWh	Rendimiento específico anual:	1.106 kWh/kWp
Energía suministrada por la red:	2.245 kWh	Eficiencia del generador:	11,7 %
Eficiencia del inversor:	91,2 %		



Nombre del proyecto: Simulación
Nombre de variante: Variante del sistema

17/07/2014

Evaluación económica

Datos de la instalación

Potencia FV: 3,00 kWp
Puesta en marcha del sistema: 01/07/2014 Degradación total: 14,00 %

Inyección de energía:

Concepto de inyección en la red: consumo propio
Para los primeros 25 años: 0,0500 €/kWh
Posteriormente: 0,0500 €/kWh

Parámetros económicos generales

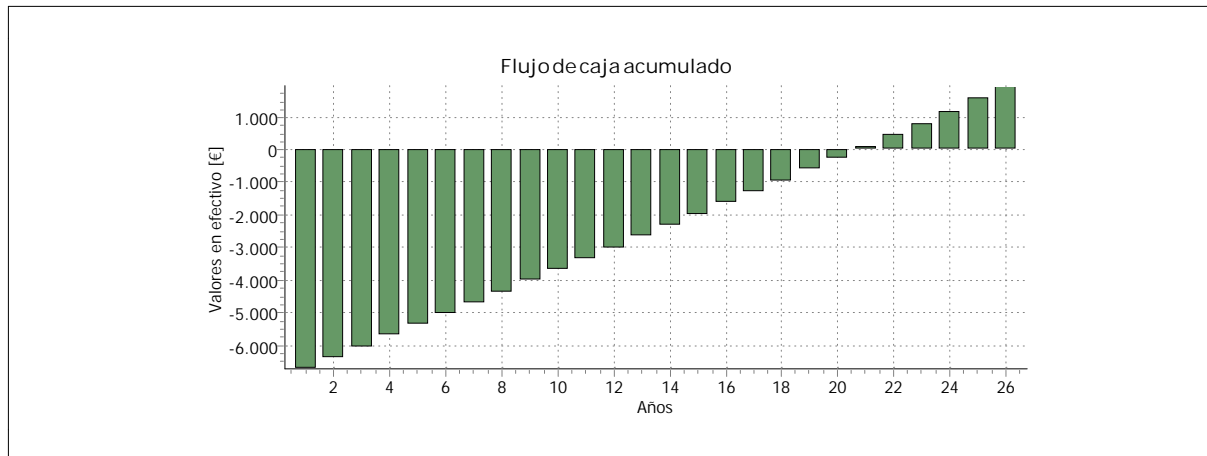
Periodo de consideración 25 Años
Interés del capital 0,90 %
Todos los valores sin IVA

Balance de costes

Inversiones 6.883,00 €
Diversos costes 100,00 €/a
Remuneración por energía inyectada en el primer año 103,12 €/a
Ahorro consumo electricidad 338,78 €/a

Resultados según el método del valor capital

Valor del capital 1.958,85 €
Tiempo de amortización 20,3 Años
Rédito 2,7 %
Costes de producción de energía 0,12 €/kWh

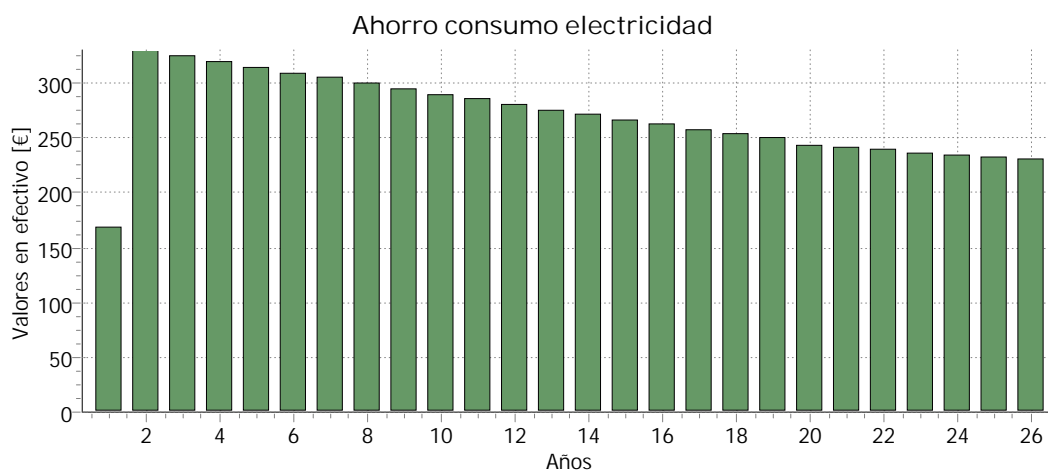
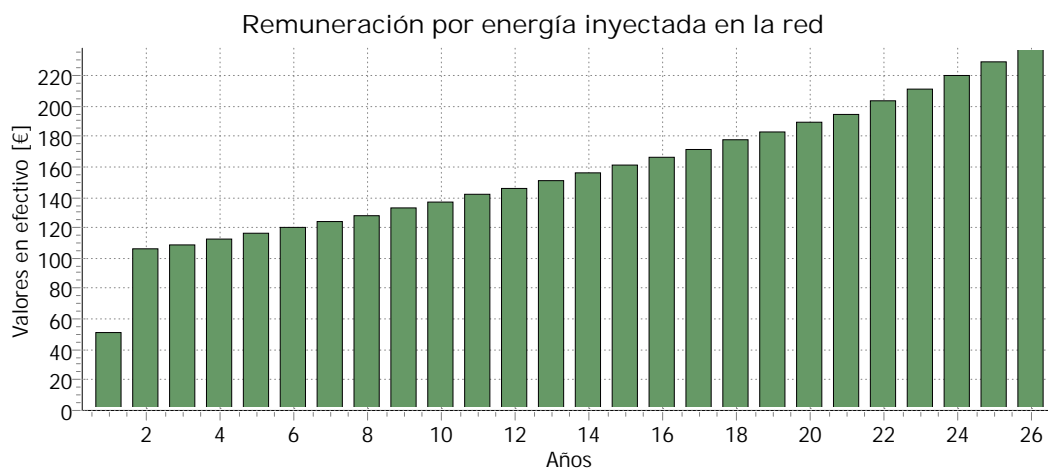
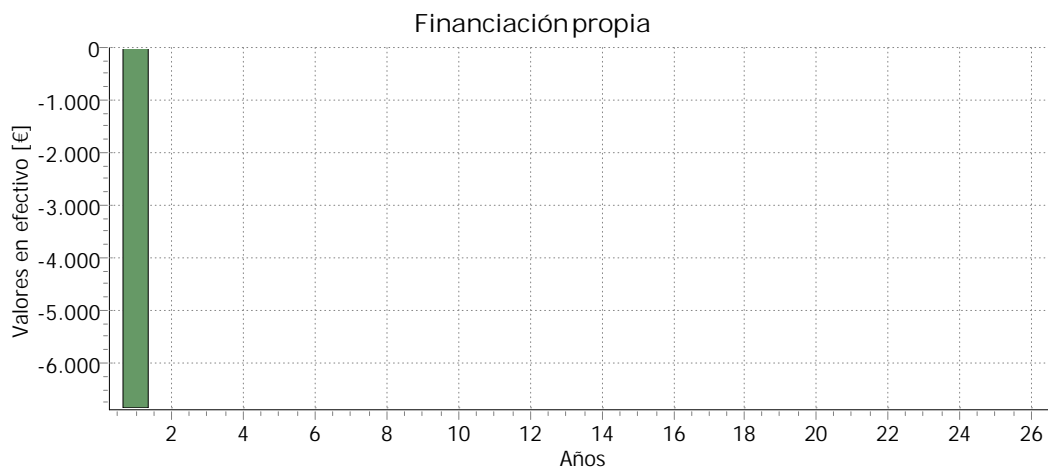


Nombre del proyecto: Simulación 17/07/2014
Nombre de variante: Variante del sistema

Lista detallada de ingresos y gastos

Inversiones			
Posición	Vida útil [a]	Factor de cambio de precios [%]	Importe [€]
Inversiones	26	0,00	6.883,00
Diversos costes			
Posición		Factor de cambio de precios [%]	Importe [€]/a
Diversos costes		0,00	100,00
Remuneración por energía inyectada en la red			
Posición		Factor de cambio de precios [%]	Importe [€]/a
Remuneración por energía inyectada en la red		5,00	103,12
Ahorro consumo electricidad			
Posición		Factor de cambio de precios [%]	Importe [€]/a
Ahorro consumo electricidad		0,00	338,78

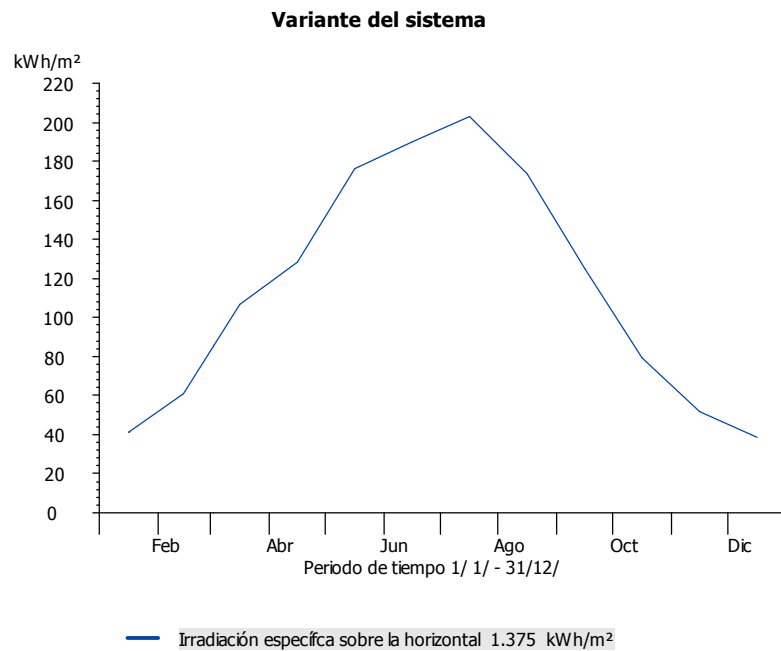
Representación gráfica de los resultados



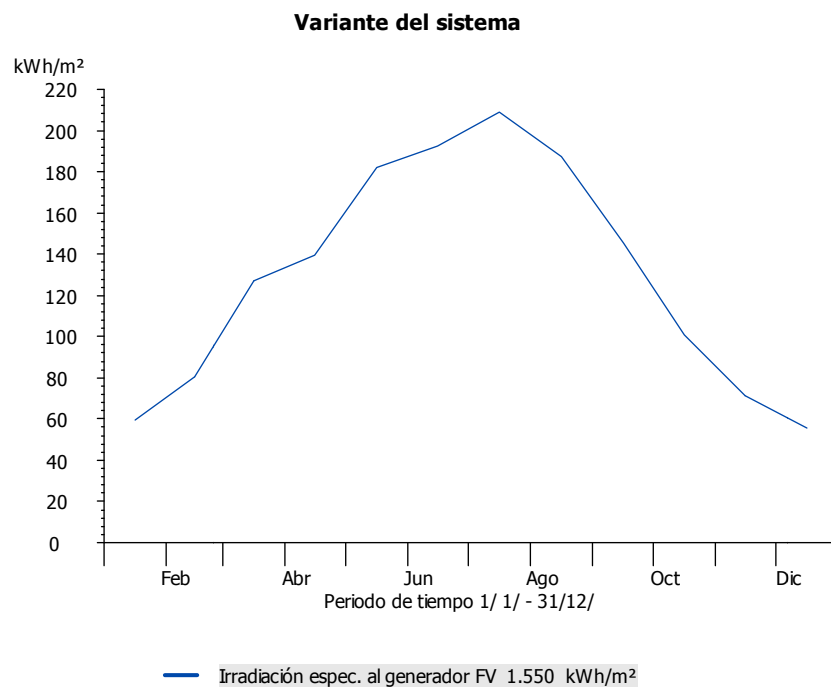
14.1. Gráficos

14.2.1. Datos climáticos

Irradiación específica sobre la horizontal:

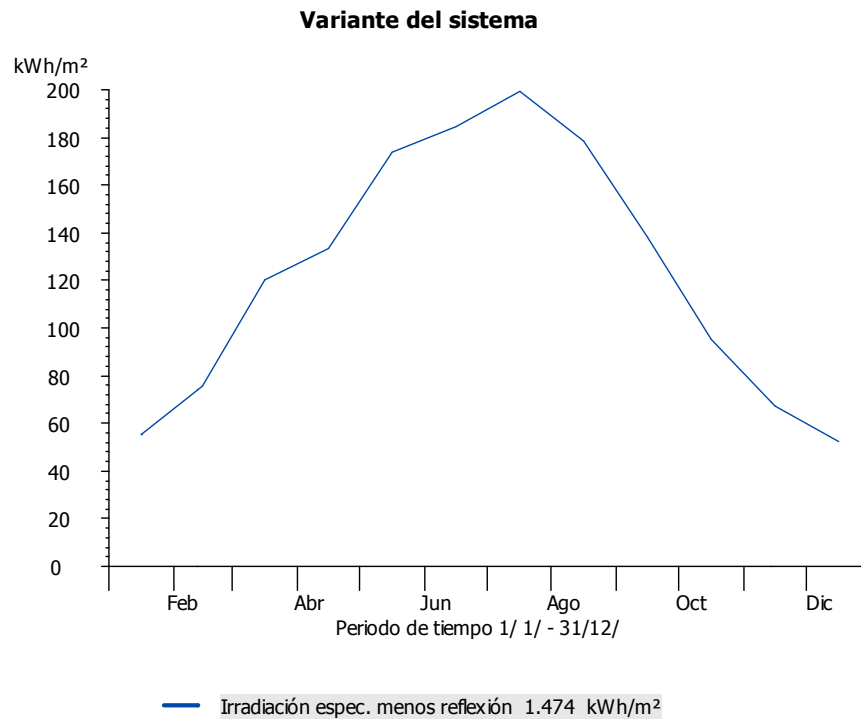


Irradiación específica sobre el generador fotovoltaico:

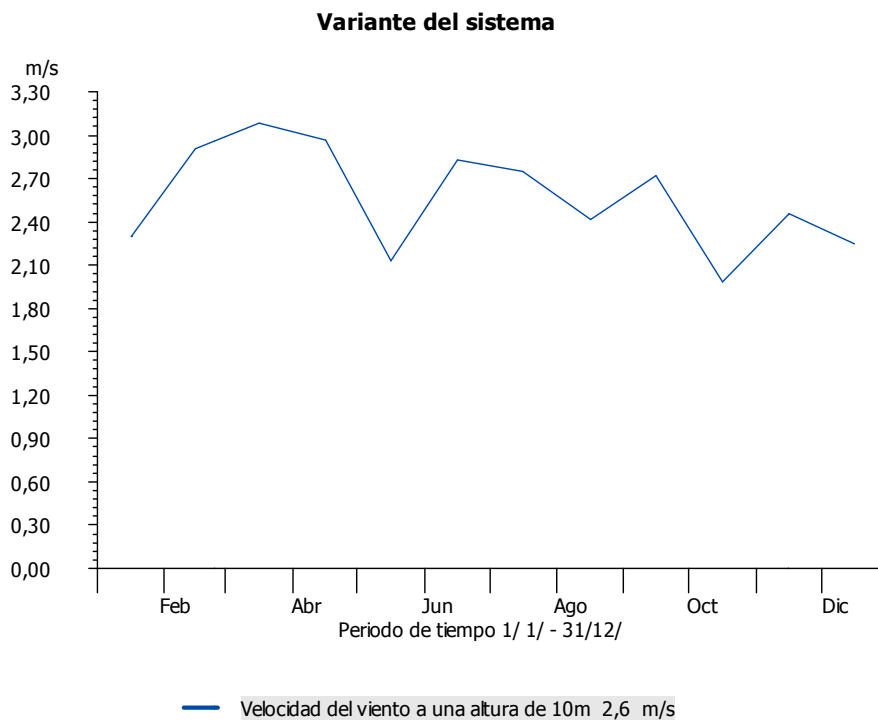


DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

Irradiación específica sobre el generador fotovoltaico menos reflexión:

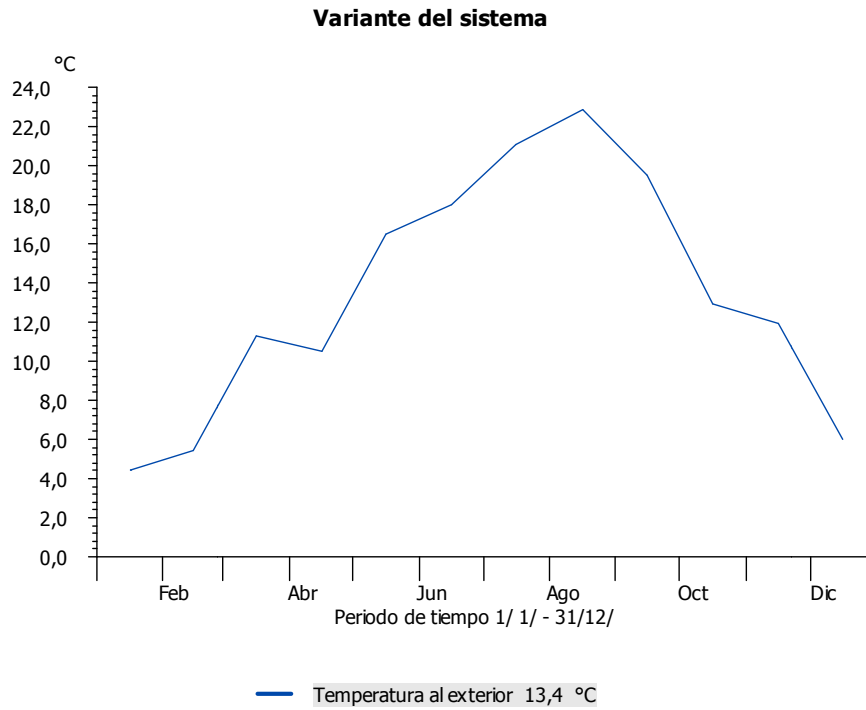


Velocidad media del viento:



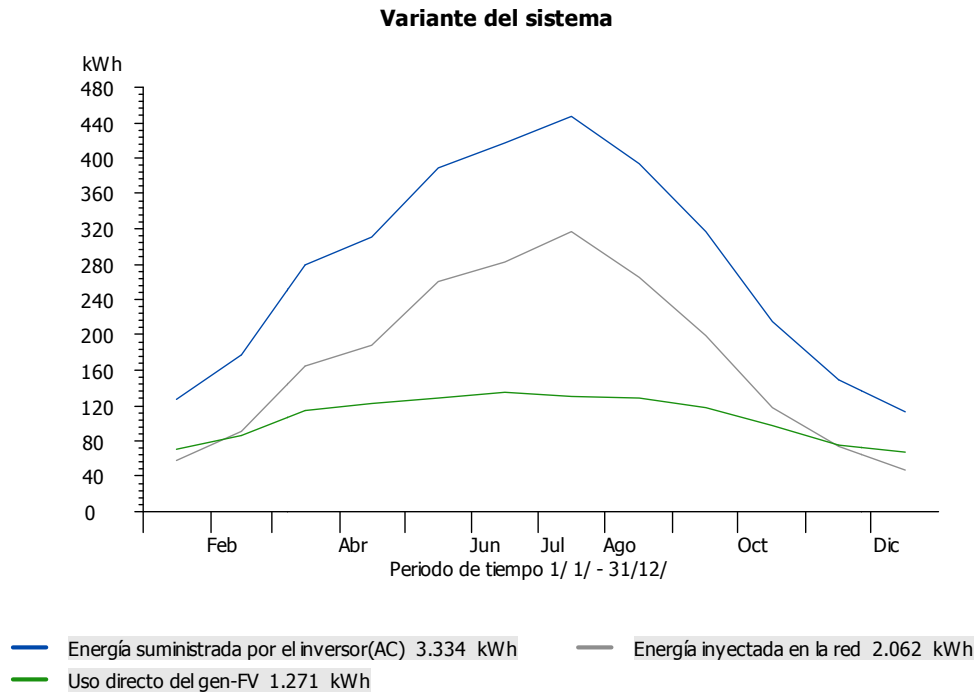
DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

Temperatura:

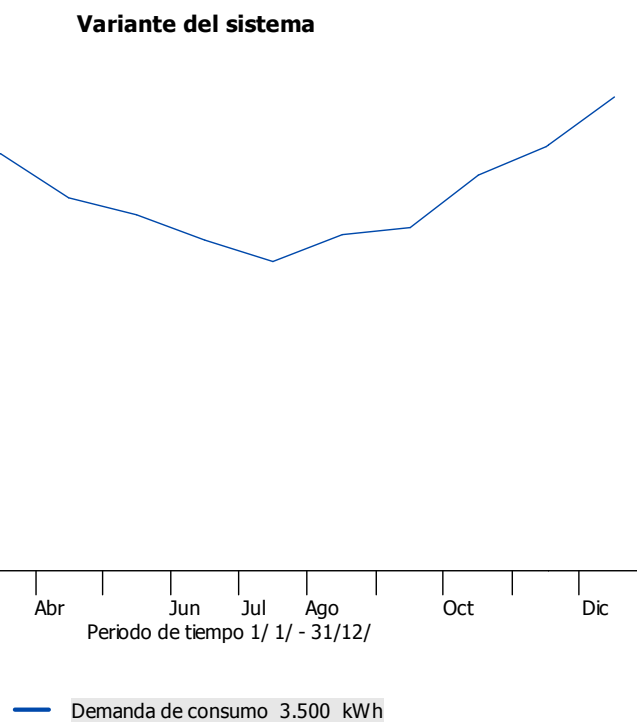


14.2.2. Energía

Comparativa energía generada, consumida y suministrada a red:

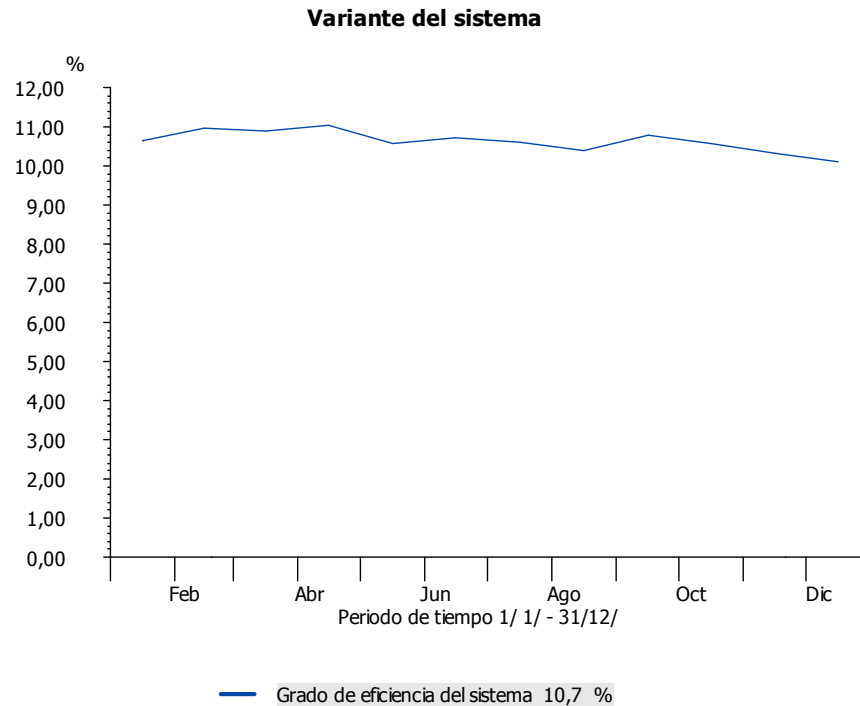


Demanda de consumo:

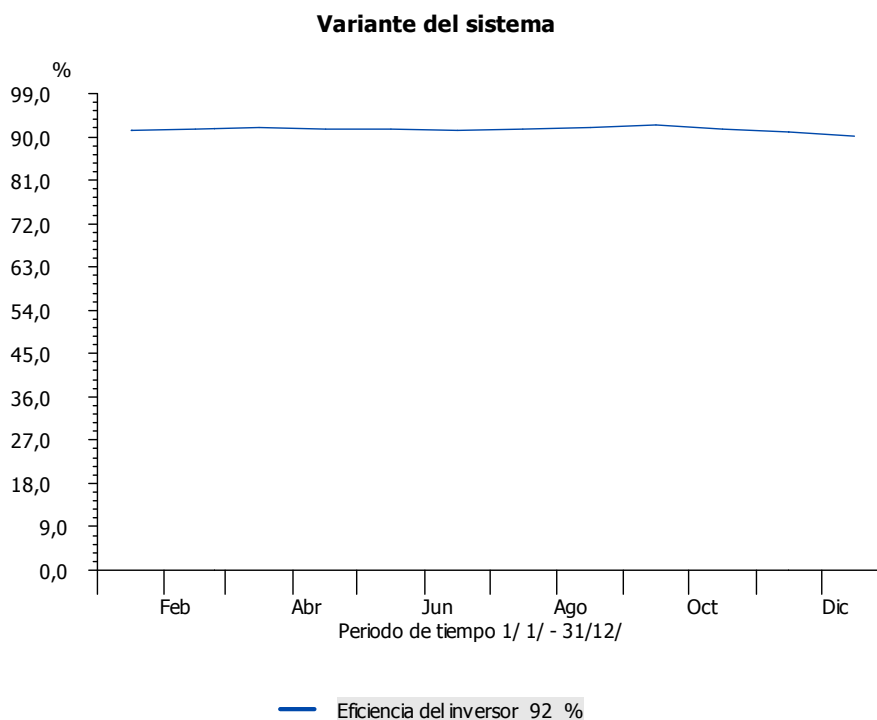


14.2.3. Sistema

Grado de eficiencia del sistema:

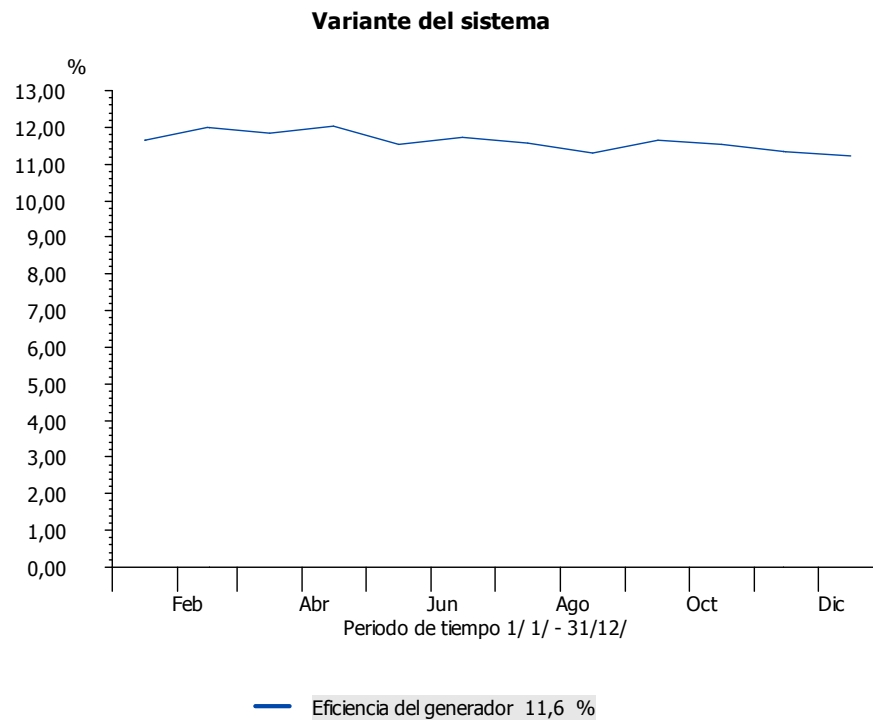


Eficiencia del inversor:

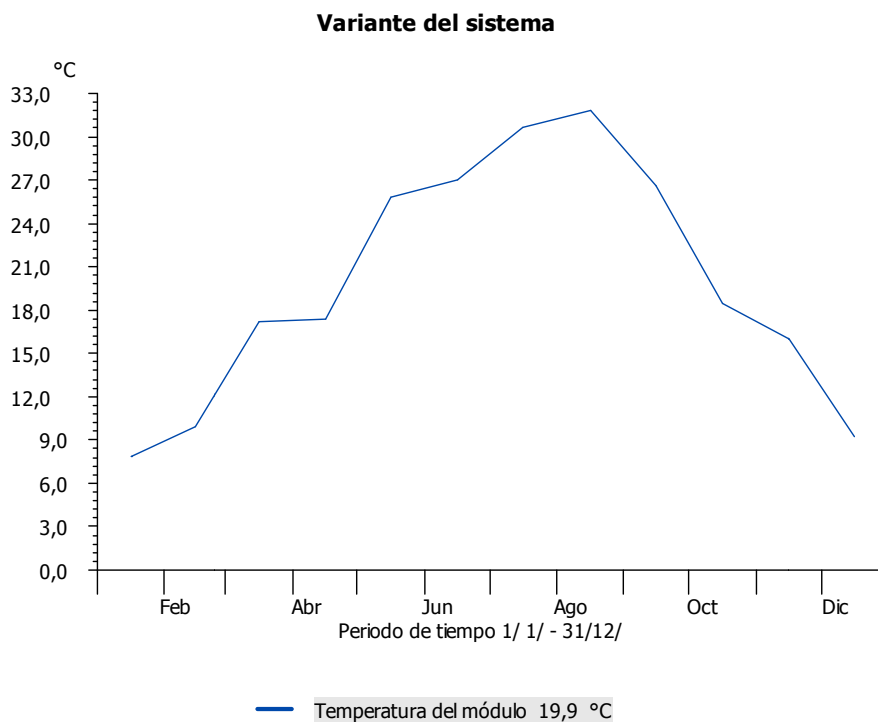


DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

Eficiencia del generador:

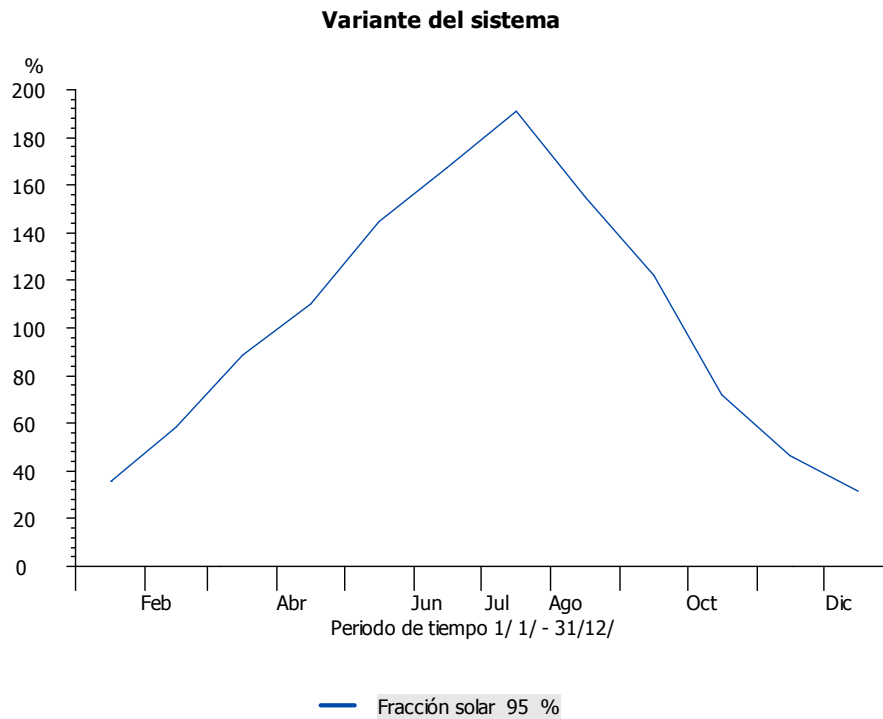


Temperatura del modulo:



DISEÑO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

Fracción solar:





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD
DE COMPRA-VENTA A RED

DOCUMENTO 2. PLANOS

Sara Subiza Betelu

Tutor: Martin Ibarra Murillo

Pamplona, 24 de Julio de 2014

Índice

Nº1 Ubicación de la vivienda I

Nº2 Ubicación de la vivienda II

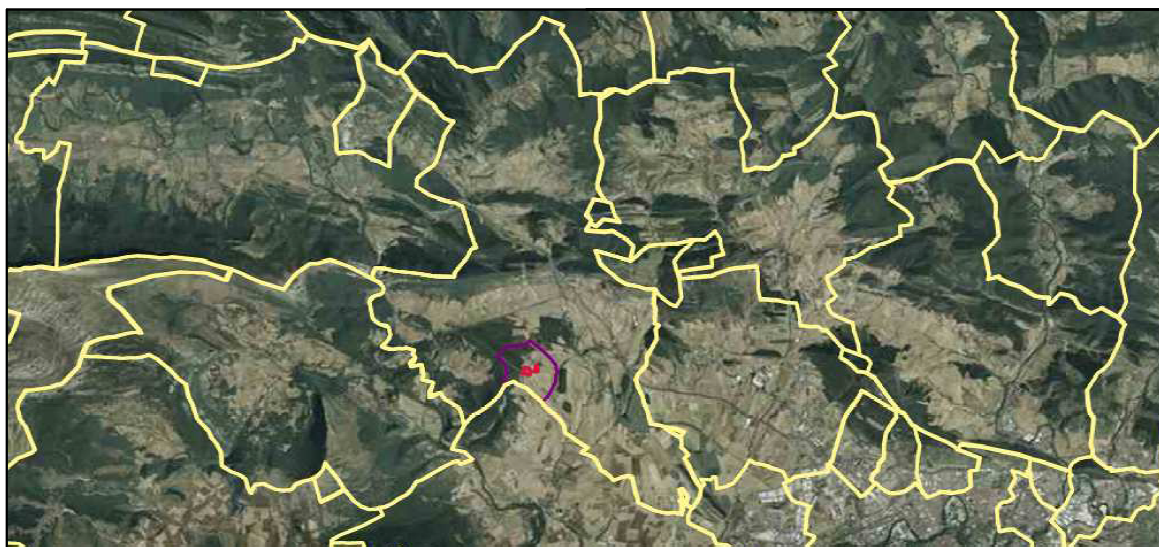
Nº3 Ubicación estructura

Nº4 Situación estructura

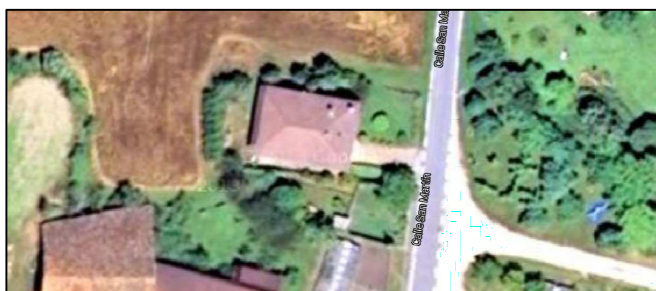
Nº5 Ubicación módulos

Nº6 Punto de conexión

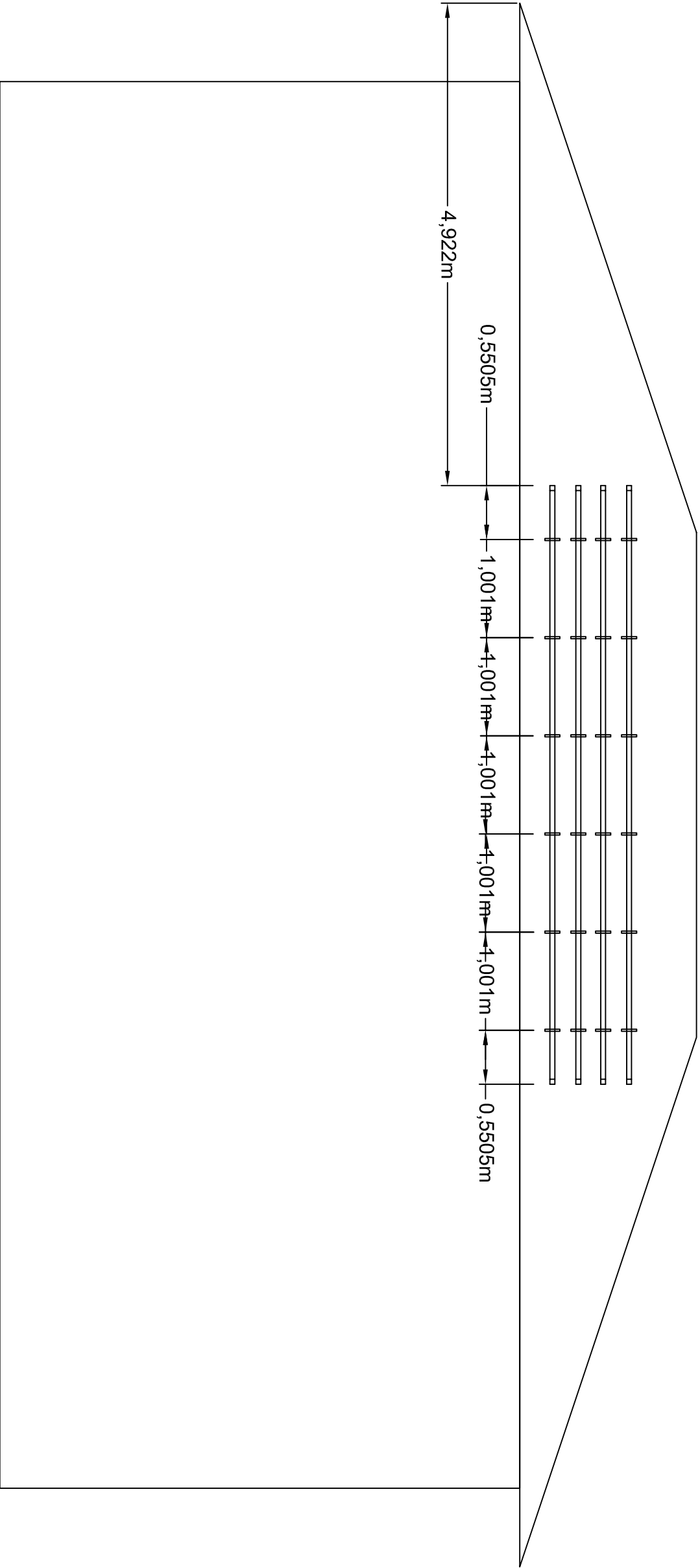
Nº7 Esquema unifilar




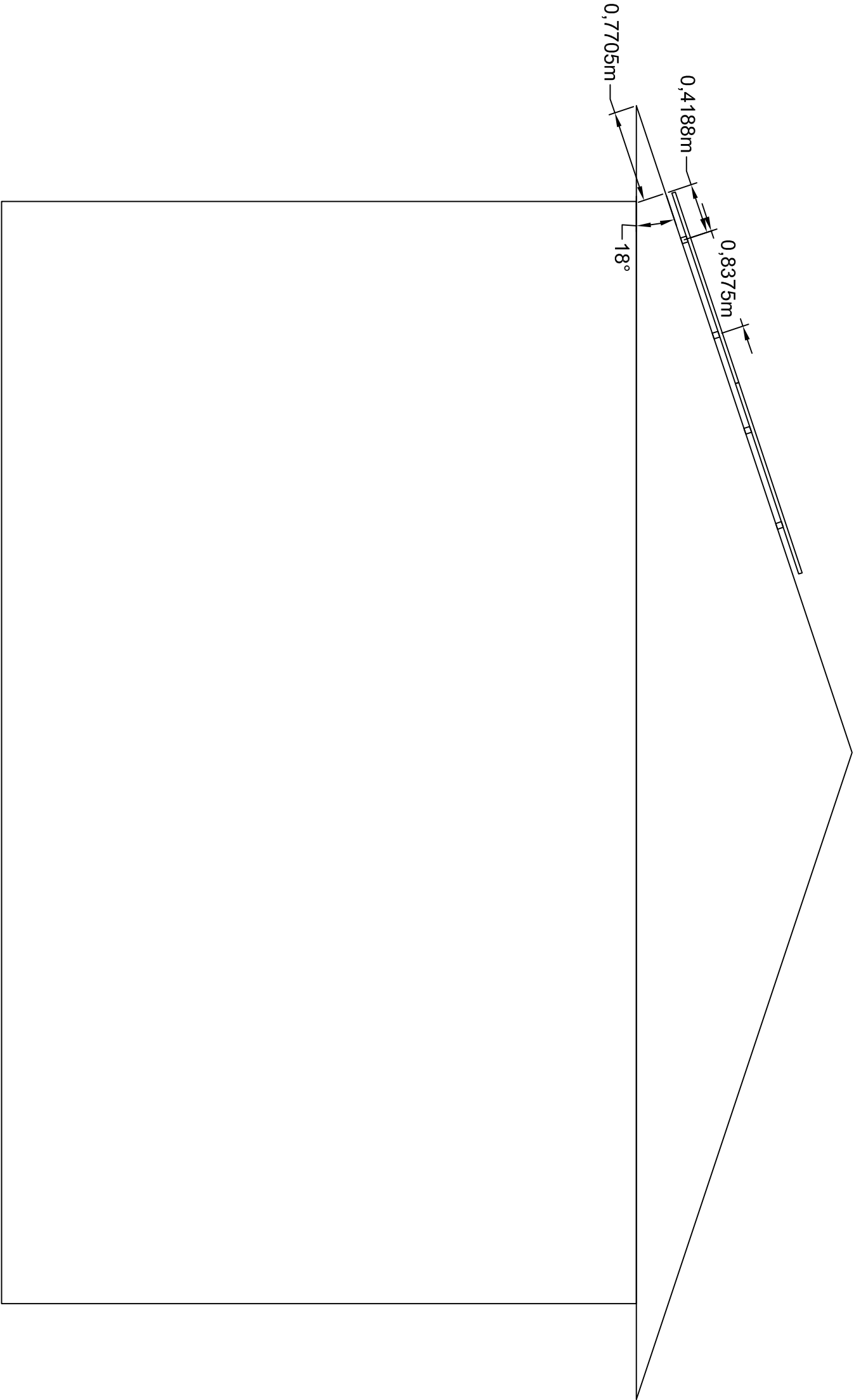
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO:	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED			REALIZADO: SUBIZA BETELU, SARA	
			FIRMA:	
PLANO: UBICACIÓN DE LA VIVIENDA I			FECHA: 24/07/14	ESCALA: S/E
			Nº PLANO: 1	




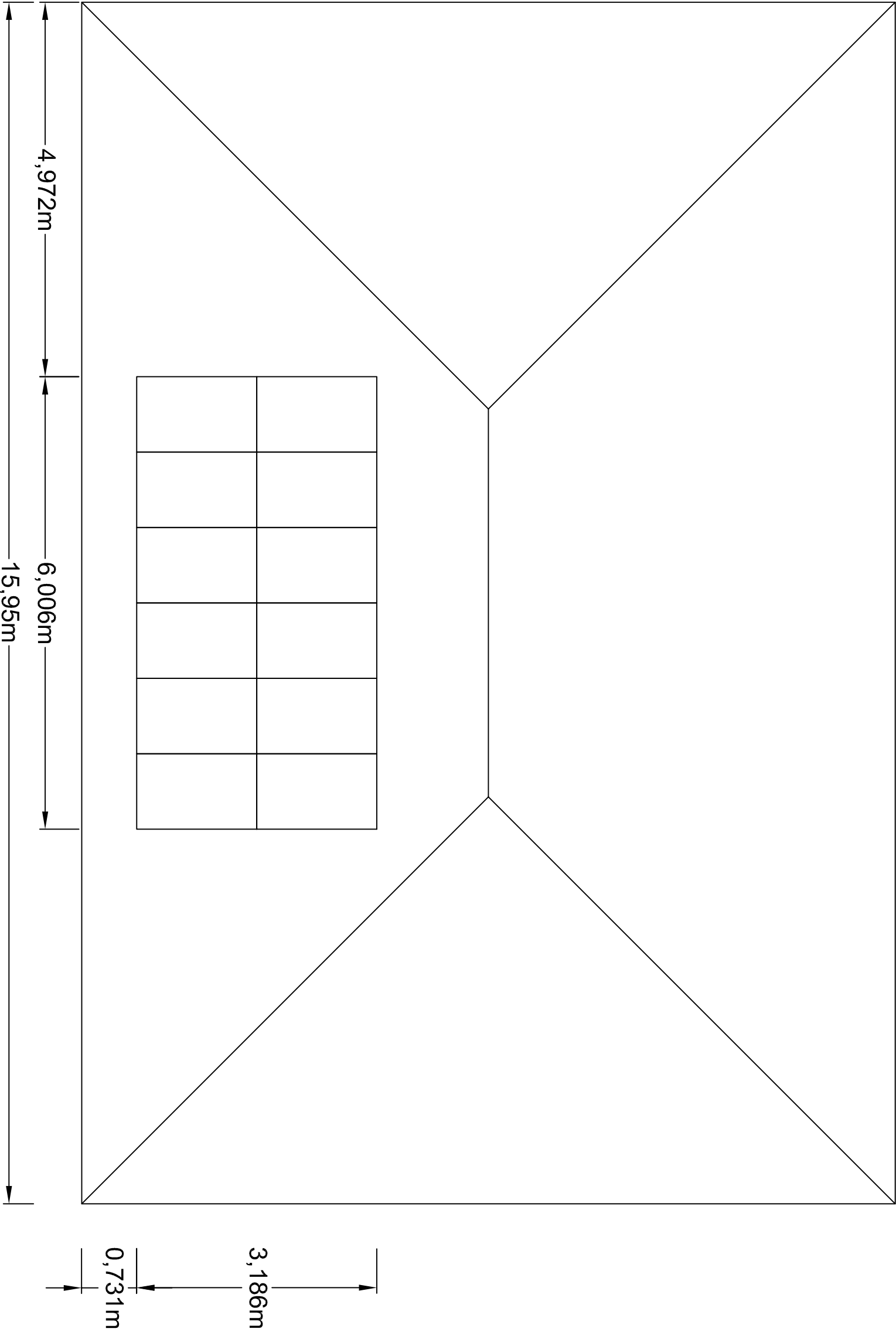
 <div>Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i></div>	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO:		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED			REALIZADO: SUBIZA BETELU,SARA		
			FIRMA:		
PLANO:  UBICACIÓN DE LA VIVIENDA II			FECHA: 24/07/14	ESCALA: S/E	Nº PLANO: 2




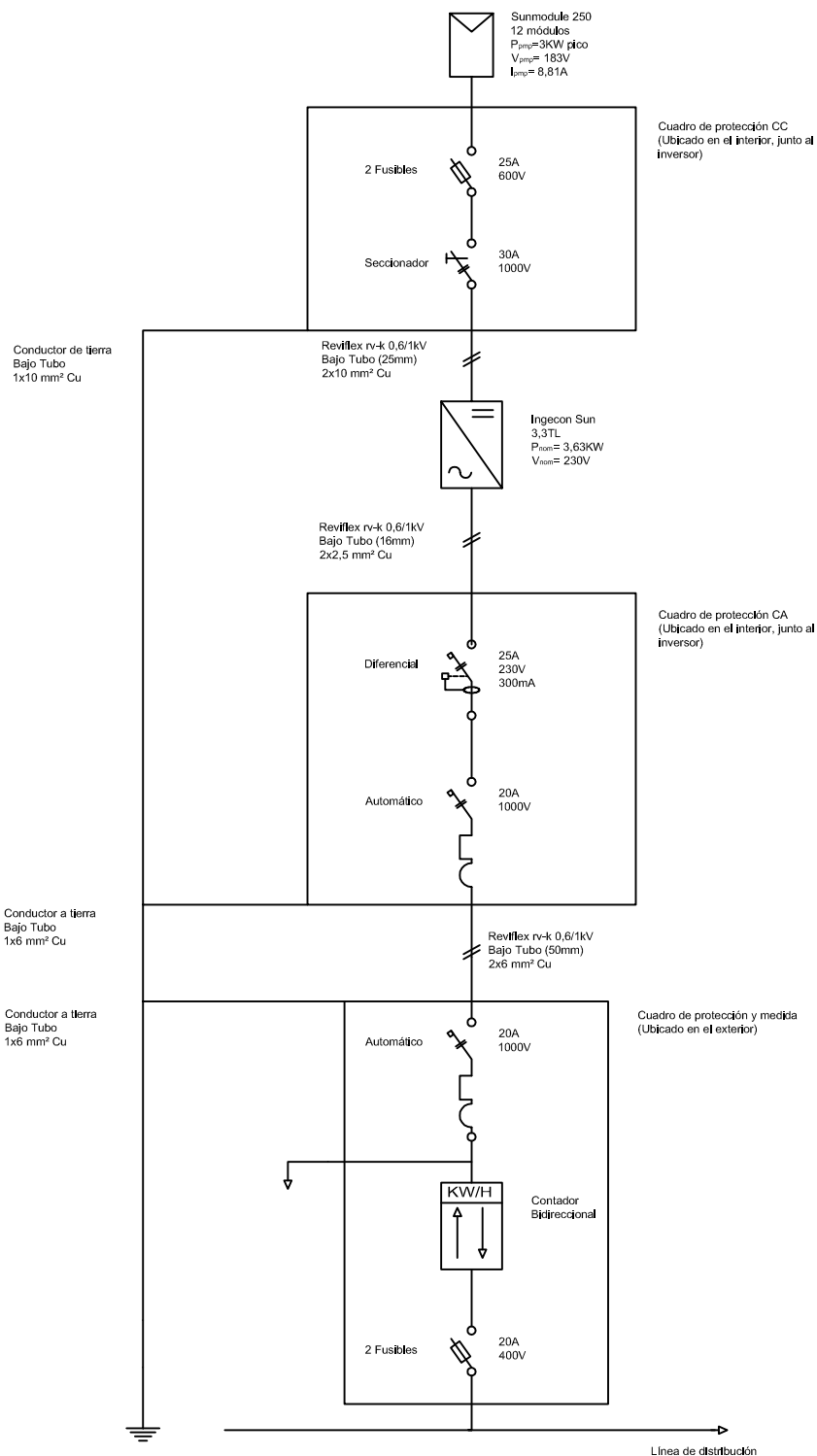
<div><div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div><div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</div></div></div>		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED		REALIZADO: SUBIZA BETELU,SARA	
PLANO: UBICACIÓN ESTRUCTURA		FIRMA:	
		FECHA: 24/07/14	ESCALA: 1:50
		Nº PLANO 3	



<div><div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div><div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</div></div></div>	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED		REALIZADO: SUBIZA BETELU,SARA	
PLANO: SITUACIÓN ESTRUCTURA		FIRMA:	
		FECHA:	ESCALA:
		24/07/14	1:40
		Nº PLANO 4	



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO:	
PROYECTO: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED		INGENIERO		DEPARTAMENTO DE	
		TECNICO INDUSTRIAL E.		PROYECTOS E ING. RURAL	
REALIZADO:		SUBIZA BETELU, SARA			
FIRMA:					
PLANO:	FECHA:		ESCALA:	Nº PLANO	
UBICACIÓN MÓDULOS	24/07/14		1:60	5	



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

**INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE
PROYECTOS E ING. RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA VIVIENDA
AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A
RED**

REALIZADO:

SUBIZA BETELU, SARA

FIRMA:

PLANO:

ESQUEMA UNIFILAR

FECHA:

24/07/14

ESCALA:

S/E

Nº PLANO:

7



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD
DE COMPRA-VENTA A RED

DOCUMENTO 3. PLIEGO DE CONDICIONES

Sara Subiza Betelu

Tutor: Martin Ibarra Murillo

Pamplona, 24 de Julio de 2014

Índice

1. Objeto.....	3
2. Documentos que definen las obras.....	3
3. Generalidades.....	3
4. Diseño.....	4
4.1 Diseño del generador fotovoltaico.....	4
4.2 Diseño del sistema de monitorización.....	5
5. Componentes y materiales.....	5
5.1 Generalidades.....	5
5.2 Módulos fotovoltaicos.....	7
5.3 Estructura soporte.....	8
5.4 Inversor.....	9
5.5 Cableado.....	11
5.6 Conexión a red.....	11
5.7 Medidas.....	12
5.8 Protecciones.....	13
5.9 Puesta a tierra de la instalación.....	14
5.10 Armónicos y compatibilidad electromagnética.....	14
5.11 Medidas de seguridad.....	15
6. Recepción y pruebas.....	15
7. Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento.....	16
7.1 Generalidades.....	16
7.2 Programa de mantenimiento.....	17
7.3 Mantenimiento a realizar por el propietario.....	18
7.4 Garantías.....	18

1. Objeto

El objeto de este pliego es la ordenación de las condiciones técnicas que han de regir en la ejecución, desarrollo, control y recepción de las obras relativas a la construcción de la instalación solar fotovoltaica conectada a red. El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones Técnicas se extiende a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de la instalación, así como a la obra civil necesaria para su construcción.

En todo caso es de aplicación toda la normativa que afecte a instalaciones solares fotovoltaicas.

2. Documentos que definen las obras

Los documentos contractuales que definen las obras y que la propiedad entregara al contratista, son los Planos, Pliego de Condiciones, Presupuesto y Memoria.

Cualquier cambio en el planteamiento de la obra que implique un cambio sustancial respecto de lo proyectado deberá ponerse en conocimiento del proyectista o técnico competente para que lo apruebe, si procede, y redacte el oportuno proyecto reformado.

En caso de contradicción entre los Planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en este último documento. Lo mencionado en los Planos y omitido en el Pliego de Condiciones o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos.

3. Generalidades

En todo caso serán de aplicación todas la normativas que afecten a instalaciones solares fotovoltaicas, y en particular las siguientes:

- Ley 54 /1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.
- Real Decreto-ley 24/2013, de 26 de diciembre, por el que se establece la regulación del sector eléctrico.
- Real Decreto-ley 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

4. Diseño

4.1. Diseño del generador fotovoltaico

Todos los módulos que integren la instalación serán del mismo modelo, o en el caso de modelos distintos, el diseño debe garantizar totalmente la compatibilidad entre ellos y la ausencia de efectos negativos en la instalación por dicha causa.

En aquellos casos excepcionales en que se utilicen módulos no cualificados, deberá justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos. En cualquier caso, han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.

La orientación e inclinación del generador fotovoltaico y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla I. Se considerarán tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica. En todos los casos han de cumplirse tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI + S)
General	0,1	0,1	0,15
Superposición	0,2	0,15	0,3
Integración arquitectónica	0,4	0,2	0,5

Tabla I

Cuando, por razones justificadas, y en casos especiales en los que no se puedan instalar de acuerdo con lo expresado anteriormente, se evaluará la reducción en las prestaciones energéticas de la instalación, incluyéndose en la Memoria del Proyecto.

En todos los casos deberán evaluarse las pérdidas por orientación e inclinación del generador y sombras.

4.2. Diseño del sistema de monitorización

El sistema de monitorización proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:

- Voltaje y corriente CC a la entrada del inversor.
- Voltaje de fase/s en la red, potencia total de salida del inversor.
- Radiación solar en el plano de los módulos, medida con un módulo o una célula de tecnología equivalente.
- Temperatura ambiente en la sombra.
- Potencia reactiva de salida del inversor para instalaciones mayores de 5 kWp.
- Temperatura de los módulos en integración arquitectónica y, siempre que sea posible, en potencias mayores de 5 kW.

Los datos se presentarán en forma de medias horarias. Los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación se hará conforme al documento del JRC-Ispira "Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants - Document A", Report EUR16338 EN.

El sistema de monitorización será fácilmente accesible para el usuario.

5. Componentes y materiales

5.1. Generalidades

Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua, que será de doble aislamiento.

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.

Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes.

Las marcas comerciales nombradas en la memoria, son recomendaciones a título orientativo. La elección de las mismas queda como responsabilidad del instalador, en función de la disponibilidad, existencia en el momento de la ejecución o preferencia de trabajo del instalador.

Los materiales seleccionados cumplirán con todas las características de diseño y la normativa aplicable. En el caso de que no fuese posible elegir un componente que cumpla con los requisitos de este proyecto, será necesario el visto bueno del proyectista o de un técnico cualificado que evalúe su idoneidad y efecto en el resto de componentes.

La aceptación final de los materiales y componentes se realizara con la firma del propietario del presupuesto presentado por el contratista.

En la Memoria de Diseño o Proyecto se resultaran los cambios que hubieran podido producirse respecto a la Memoria de Solicitud, y el motivo de los mismos.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en castellano y además, si procede, en alguna de las lenguas oficiales del lugar de la instalación.

5.2. Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

Además, deberán cumplir la norma UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos. Adicionalmente, en función de la tecnología del módulo, éste deberá satisfacer las siguientes normas:

- UNE-EN 61215: Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.
- UNE-EN 61646: Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicaciones terrestres. Cualificación del diseño y aprobación de tipo.
- UNE-EN 62108. Módulos y sistemas fotovoltaicos de concentración (CPV). Cualificación del diseño y homologación.

Los módulos que se encuentren integrados en la edificación, aparte de que deben cumplir la normativa indicada anteriormente, además deberán cumplir con lo previsto en la Directiva 89/106/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción.

Aquellos módulos que no puedan ser ensayados según estas normas citadas, deberán acreditar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en las mismas por otros medios, y con carácter previo a su inscripción definitiva en el registro de régimen especial dependiente del órgano competente.

Será necesario justificar la imposibilidad de ser ensayados, así como la acreditación del cumplimiento de dichos requisitos, lo que deberá ser comunicado por escrito a la Dirección General de Política Energética y Minas, quien resolverá sobre la conformidad o no de la justificación y acreditación presentadas.

El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.

Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.

Todos los módulos que integren la instalación serán del mismo modelo, y con las mismas características de las células, incluidas las características físicas (color, dimensiones, etc.).

Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 3 \%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.

Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

Será deseable una alta eficiencia de las células.

La estructura del generador se conectará a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 10 años y contarán con una garantía de rendimiento durante 25 años.

5.3. Estructura soporte

Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado en el Código Técnico de la Edificación respecto a seguridad.

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la edificación y demás normativa de aplicación.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

La tornillería será realizada en acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

La estructura soporte será calculada según la normativa vigente para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirán las normas UNE-EN 10219-1 y UNE-EN 10219-2 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE-EN ISO 14713 (partes 1, 2 y 3) y UNE-EN ISO 10684 y los espesores cumplirán con los mínimos exigibles en la norma UNE-EN ISO 1461.

5.4. Inversor

Será del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

Las características básicas del inversor serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en isla o modo aislado.
- Incorporan vigilante de aislamiento y separación galvánica

La caracterización del inversor deberá hacerse según las normas siguientes:

- UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- IEC 62116. Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

El inversor cumplirá con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones.
- Perturbaciones presentes en la red como micro cortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

Adicionalmente, han de cumplir con la Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.

El inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo. Incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA. Podrá ser externo al inversor.

Las características eléctricas del inversor serán las siguientes:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiación solar un 10% superiores a las CEM. Además soportará picos de un 30% superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.
- El rendimiento de potencia del inversor (cociente entre la potencia activa de salida y la potencia activa de entrada), para una potencia de salida en corriente alterna igual al 50% y al 100% de la potencia nominal, será como mínimo del 92% y del 94% respectivamente. El cálculo del rendimiento se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 6168: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- El autoconsumo de los equipos (pérdidas en “vacío”) en “stand-by” o modo nocturno deberá ser inferior al 2 % de su potencia nominal de salida.
- El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.
- A partir de potencias mayores del 10 % de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.

Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0 °C y 40 °C de temperatura y entre 0 % y 85 % de humedad relativa.

Los inversores para instalaciones fotovoltaicas estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 3 años.

5.5. Cableado

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.

El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

El cableado entre las cajas de conexiones de cada modulo en cada panel para formar las conexiones en serie y el inversor se efectuara mediante cable flexible y de longitud adecuada para que no exista peligro de cizalladura.

Los cables utilizados cumplirán con la normativa vigente en cuanto a aislamiento y grado de protección.

Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

Los cableados estarán adecuadamente etiquetados, identificados, de acuerdo con los esquemas eléctricos.

5.6. Conexión a red

Todas las instalaciones de hasta 100 kW cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículos 8 y 9) sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión, así como lo prescrito por la compañía distribuidora.

Artículo 8. Condiciones técnicas de carácter general.

1. El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas a que se refiere el presente Real Decreto no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que, de acuerdo con la disposición adicional única del presente Real Decreto, resulte aplicable.

Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

2. En el caso de que la línea de distribución se quede desconectada de la red, bien sea por trabajos de mantenimiento requeridos por la empresa distribuidora o por haber

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

actuado alguna protección de la línea, las instalaciones fotovoltaicas no deberán mantener tensión en la línea de distribución.

3. Las condiciones de conexión a la red se fijarán en función de la potencia de la instalación fotovoltaica, con objeto de evitar efectos perjudiciales a los usuarios con cargas sensibles.

4. Para establecer el punto de conexión a la red de distribución se tendrá en cuenta la capacidad de transporte de la línea, la potencia instalada en los centros de transformación y las distribuciones en diferentes fases de generadores en régimen especial provistos de inversores monofásicos.

5. En el circuito de generación hasta el equipo de medida no podrá intercalarse ningún elemento de generación distinto del fotovoltaico, ni de acumulación o de consumo.

6. En el caso de que una instalación fotovoltaica se vea afectada por perturbaciones de la red de distribución se aplicará la normativa vigente sobre calidad del servicio.

Artículo 9. Condiciones específicas de interconexión.

1. Se podrán interconectar instalaciones fotovoltaicas en baja tensión siempre que la suma de sus potencias nominales no exceda de 100 kVA. La suma de las potencias de las instalaciones en régimen especial conectadas a una línea de baja tensión no podrá superar la mitad de la capacidad de transporte de dicha línea en el punto de conexión, definida como capacidad térmica de diseño de la línea en dicho punto. En el caso de que sea preciso realizar la conexión en un centro de transformación, la suma de las potencias de las instalaciones en régimen especial conectadas a ese centro no podrá superar la mitad de la capacidad de transformación instalada para ese nivel de tensión. En caso de desacuerdo, será de aplicación lo previsto en el artículo 4.5 de este Real Decreto.

2. Si la potencia nominal de la instalación fotovoltaica a conectar a la red de distribución es superior a 5 kW, la conexión de la instalación fotovoltaica a la red será trifásica. Dicha conexión se podrá realizar mediante uno o más inversores monofásicos de hasta 5 kW, a las diferentes fases, o directamente un inversor trifásico.

3. En la conexión de una instalación fotovoltaica, la variación de tensión provocada por la conexión y desconexión de la instalación fotovoltaica no podrá ser superior al 5 por 100 y no deberá provocar, en ningún usuario de los conectados a la red, la superación de los límites indicados en el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

4. El factor de potencia de la energía suministrada a la empresa distribuidora debe ser lo más próximo posible a la unidad. Las instalaciones fotovoltaicas conectadas en paralelo con la red deberán tomar las medidas necesarias para ello o, en su caso, llegar a un acuerdo sobre este aspecto con la empresa distribuidora.

5.7. Medidas

Todas las instalaciones cumplirán con el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

Todos los elementos integrantes del equipo de medida, tanto los de entrada como los de salida de energía, serán precintados por la empresa distribuidora. No obstante, en caso de

peligro pueden retirarse los precintos sin consentimiento de la empresa eléctrica; siendo en este caso obligatorio informar a la empresa distribuidora de carácter inmediato.

Además de las prescripciones anteriores, los equipos de medida deberán cumplir con todas las especificaciones de la compañía distribuidora.

5.8. Protecciones

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Artículo 11. Protecciones.

El sistema de protecciones deberá cumplir las exigencias previstas en la reglamentación vigente. Este cumplimiento deberá ser acreditado adecuadamente en la documentación relativa a las características de la instalación a que se refiere el artículo 3, incluyendo lo siguiente:

1. Interruptor general manual, que será un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.

2. Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento de la parte continua de la instalación.

3. Interruptor automático de la interconexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento.

4. Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz, respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,85 Um, respectivamente).

5. Estas protecciones podrán ser precintadas por la empresa distribuidora, tras las verificaciones a las que hacen referencia los artículos 6 y 7.

6. El rearme del sistema de conmutación y, por tanto, de la conexión con la red de baja tensión de la instalación fotovoltaica será automático, una vez restablecida la tensión de red por la empresa distribuidora.

7. Podrán integrarse en el equipo inversor las funciones de protección de máxima y mínima tensión y de máxima y mínima frecuencia y en tal caso las maniobras automáticas de desconexión-conexión serán realizadas por éste. En este caso sólo se precisará disponer adicionalmente de las protecciones de interruptor general manual y de interruptor automático diferencial, si se cumplen las siguientes condiciones:

- a) Las funciones serán realizadas mediante un contactor cuyo rearme será automático, una vez se restablezcan las condiciones normales de suministro de la red.

- b) El contactor, gobernado normalmente por el inversor, podrá ser activado manualmente.

- c) El estado del contactor ("on/off"), deberá señalizarse con claridad en el frontal del equipo, en un lugar destacado.

d) En caso de que no se utilicen las protecciones precintables para la interconexión de máxima y mínima frecuencia y de máxima y mínima tensión mencionadas en este artículo, el fabricante del inversor deberá certificar:

1.o Los valores de tara de tensión.

2.o Los valores de tara de frecuencia.

3.o El tipo y características de equipo utilizado internamente para la detección de fallos (modelo, marca, calibración, etc.).

4.o Que el inversor ha superado las pruebas correspondientes en cuanto a los límites de establecidos de tensión y frecuencia.

Mientras que, de acuerdo con la disposición final segunda del presente Real Decreto, no se hayan dictado las instrucciones técnicas por las que se establece el procedimiento para realizar las mencionadas pruebas, se aceptarán a todos los efectos los procedimientos establecidos y los certificados realizados por los propios fabricantes de los equipos.

e) En caso de que las funciones de protección sean realizadas por un programa de "software" de control de operaciones, los precintos físicos serán sustituidos por certificaciones del fabricante del inversor, en las que se mencione explícitamente que dicho programa no es accesible para el usuario de la instalación.

5.9. Puesta a tierra de la instalación fotovoltaica

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Artículo 12. Condiciones de puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas.

La puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.

La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones, con base en el desarrollo tecnológico.

Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el Reglamento electrotécnico para baja tensión, así como de las masas del resto del suministro.

5.10. Armónicos y compatibilidad electromagnética

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 13) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Artículo 13. Armónicos y compatibilidad electromagnética.

Los niveles de emisión e inmunidad deberán cumplir con la reglamentación vigente, incluyéndose en la documentación mencionada en el artículo 3 los certificados que así lo acrediten.

5.11. Medidas de seguridad

Las centrales fotovoltaicas, independientemente de la tensión a la que estén conectadas a la red, estarán equipadas con un sistema de protecciones que garantice su desconexión en caso de un fallo en la red o fallos internos en la instalación de la propia central, de manera que no perturben el correcto funcionamiento de las redes a las que estén conectadas, tanto en la explotación normal como durante el incidente.

La central fotovoltaica debe evitar el funcionamiento no intencionado en isla con parte de la red de distribución, en el caso de desconexión de la red general. La protección anti-isla deberá detectar la desconexión de red en un tiempo acorde con los criterios de protección de la red de distribución a la que se conecta, o en el tiempo máximo fijado por la normativa o especificaciones técnicas correspondientes.

Las centrales fotovoltaicas deberán estar dotadas de los medios necesarios para admitir un reenganche de la red de distribución sin que se produzcan daños. Asimismo, no producirán sobretensiones que puedan causar daños en otros equipos, incluso en el transitorio de paso a isla, con cargas bajas o sin carga. Igualmente, los equipos instalados deberán cumplir los límites de emisión de perturbaciones indicados en las normas nacionales e internacionales de compatibilidad electromagnética.

6. Recepción y pruebas

El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales para facilitar su correcta interpretación.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, contadores) éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Las pruebas a realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este PCT, serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.

- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:

- Entrega de toda la documentación requerida en este PCT, y como mínimo la recogida en la norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Retirada de obra de todo el material sobrante.
- Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.

Durante este período el suministrador será el único responsable de la operación de los sistemas suministrados, si bien deberá adiestrar al personal de operación.

Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía de tres años, salvo para los módulos fotovoltaicos, para los que la garantía mínima será de 10 años contados a partir de la fecha de la firma del acta de recepción provisional.

No obstante, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se aprecia que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

7. Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento

7.1. Generalidades

Se realizará un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo de al menos tres años.

El contrato de mantenimiento de la instalación incluirá todos los elementos de la misma, con las labores de mantenimiento preventivo aconsejados por los diferentes fabricantes.

7.2. Programa de mantenimiento

El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a red.

Se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

Plan de mantenimiento preventivo: operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá, al menos, una visita (anual para el caso de instalaciones de potencia de hasta 100 kWp y semestral para el resto) en la que se realizarán las siguientes actividades:

- Comprobación de las protecciones eléctricas.
- Comprobación del estado de los módulos: comprobación de la situación respecto al proyecto original y verificación del estado de las conexiones.
- Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etc.
- Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.

Plan de mantenimiento correctivo: todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil. Incluye:

- La visita a la instalación en un plazo de una semana y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la misma.
- El análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.
- Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.

El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

Se realizara un informe técnico de cada una de las visitas, en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas.

El registro de las operaciones de mantenimiento realizadas, constaran en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).

7.3. Mantenimiento a realizar por el propietario

Sin menoscabo de lo que indique el instalador autorizado, sería conveniente que como mínimo, el propietario realizase los mantenimientos preventivos:

- Supervisión general: Comprobación general de que todo está funcionando correctamente. Para ello basta observar los indicadores de los inversores, con lo que se comprueba que el inversor recibe energía del campo solar y genera corriente alterna.
- Limpieza: Eliminación de hiervas, ramas, objetos o suciedad que proyecten sombras sobre las células fotovoltaicas.
- Verificación visual del campo fotovoltaico: Comprobación de eventuales problemas en las fijaciones de la estructura sobre el edificio, aflojamiento de tornillos, aparición de zonas de oxidación, etc.
- Verificación de las medidas: La verificación periódica de las cifras de electricidad generada nos permitirá detectar bajadas imprevistas de producción, que serian síntoma de un mal funcionamiento. La producción queda registrada en el contador de venta de electricidad que mensualmente hay que anotar para la emisión de la correspondiente factura. El balance mensual, aunque varia a lo largo del año, se mantiene en torno a un máximo y un mínimo que se debe conocer, por lo que se podrá detectar rápidamente una bajada no habitual de producción, lo cual podría indicar que se está produciendo un mal funcionamiento.

7.4. Garantías

Ámbito general de la garantía:

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

Plazos:

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía mínima será de 10 años.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

Condiciones económicas:

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

Anulación de la garantía:

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador, salvo lo indicado anteriormente.

Lugar y tiempo de la prestación:

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá cualquier incidencia en el plazo máximo de una semana y la resolución de la avería se realizará en un tiempo máximo de 10 días, salvo causas de fuerza mayor debidamente justificadas.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 10 días naturales.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD
DE COMPRA-VENTA A RED

DOCUMENTO 4. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y
SALUD

Sara Subiza Betelu

Tutor: Martín Ibarra Murillo

Pamplona, 24 de Julio de 2014

Índice

1. Objeto.....	3
2. Normas y referencias.....	3
2.1. Disposiciones legales aplicables.....	3
2.2. Condiciones para los medios de protección.....	4
3. Características de la instalación.....	4
3.1. Descripción de los procesos.....	4
3.2. Número máximo previsto de personas y duración estimada de los trabajos de instalación.....	5
4. Definición de los riesgos.....	5
4.1. Riesgos generales.....	5
4.2. Riesgos específicos.....	6
4.2.1. Albañilería y pintura.....	6
4.2.2. Transporte de materiales y equipos.....	6
4.2.3. Montaje de equipos y accesorios.....	6
4.2.4. Maquinas fijas, portátiles, herramientas y cuadro eléctrico.....	6
4.2.5. Medios de elevación y transporte.....	7
4.2.6. Andamios, plataformas y escaleras.....	7
4.2.7. Equipos de soldadura y corte.....	7
5. Medidas de protección y prevención.....	7
5.1. Medidas de prevención y protección generales.....	7
5.2. Medidas de prevención y protección personales.....	8

1. Objeto

Este documento contiene el Estudio Básico de Seguridad y Salud, para la realización de los trabajos correspondientes a la conexión de una instalación de producción de energía eléctrica fotovoltaica de baja tensión, situada en el tejado de una vivienda aislada, que se encuentra en el término municipal de Ariz (Navarra).

2. Normas y referencias

Como consecuencia de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales el Ministerio de la Presidencia ha aprobado el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, publicado en el B.O.E. núm. 256 de 25 de Octubre de 1997.

Según el artículo 17 de este Real Decreto, es obligatoria la inclusión del Estudio de Seguridad y Salud o del Estudio Básico de Seguridad y Salud en el proyecto de obra para poder visar dicho proyecto y también para la expedición de la licencia municipal y de otras autorizaciones y trámites por parte de las diferentes Administraciones públicas.

La elaboración del Estudio de Seguridad y Salud será obligatorio en el caso de:

- a) presupuesto de ejecución para contrata igual o superior a 451.000 Euros
- b) duración de la obra superior a 30 días laborables y presencia simultánea de más de 20 trabajadores en la obra
- c) suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra superior a 500
- d) obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas

En el resto de proyectos de obras no incluidos en el apartado anterior, se tendrá que elaborar un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

El estudio básico deberá precisar las normas de seguridad y salud aplicables a la obra. A tal efecto, deberá contemplar la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas.

2.1. Disposiciones legales aplicables

Serán de obligado cumplimiento las disposiciones que están dentro de las siguientes reglamentaciones:

- Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores
- Ley 31/1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales

- Reglamento de los Servicios de Prevención (Real Decreto 39/1997 de 17 de Enero)
- Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Señalización de Seguridad en el trabajo
- Real Decreto 486/1.997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas
- Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención
- Real Decreto 1215/1.997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo
- Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgos eléctrico
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias

2.2. Condiciones para los medios de protección

Todas las piezas de protección personal y los elementos de protección colectiva tendrán un período de vida útil. Una vez finalizado este elemento se sustituirá por otro nuevo.

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido de lo previsto en una determinada pieza o equipo, será repuesto inmediatamente, será rehusado y sustituido inmediatamente.

Se sustituirán las piezas y los equipos que a causa del uso se hayan deformado y no tengan la forma que recomienda el fabricante.

El uso de una pieza o de un equipo de protección, nunca representará un riesgo en sí mismo.

3. Características de la instalación

La obra objeto de este estudio son las instalaciones eléctricas, obras y montajes asociados para la instalación de un sistema de generación fotovoltaico conectado a la red eléctrica de baja tensión.

3.1. Descripción de los procesos

Por orden cronológico los procesos a realizar son los siguientes:

- Montaje de sistemas para asegurar la seguridad de las personas y los materiales
- Montaje de estructura de soporte anclada a la cubierta existente
- Montaje de los módulos fotovoltaicos
- Instalación del inversor y tendido de líneas de corriente continua y corriente alterna
- Conexiones de la puesta a tierra

- Instalación del cuadro de protección y medida
- Pruebas y puesta en marcha

3.2. Número máximo previsto de personas y duración estimada de los trabajos de instalación

La punta máxima de personal para las instalaciones eléctricas se prevé en 2 personas. La duración prevista para los trabajos es de 2 días.

4. Definición de los riesgos

Analizamos a continuación los riesgos previsibles inherentes a las actividades de ejecución previstas así como los derivados del uso de la maquinaria y medios auxiliares o de la manipulación de instalaciones, máquinas o herramientas eléctricas.

Para que el Estudio Básico de Seguridad y Salud sea más eficiente, primero se analizarán los riesgos generales que pueden darse en cualquier actividad que puedan afectar tanto a los operarios de la obra como a terceras personas que permanezcan por los alrededores y a continuación se realizará un estudio de los riesgos más específicos de cada actividad.

4.1. Riesgos generales

Los riesgos generales son aquellos que pueden darse en cualquiera de las actividades de ejecución de la obra y afectar a toda persona que trabaje en dichas actividades. Los riesgos previstos son:

- Caída de objetos, o componentes de la instalación sobre personas
- Caída de personas al mismo o distinto nivel
- Proyecciones de partículas a los ojos
- Heridas o quemaduras en manos o pies por el manejo de materiales
- Sobreesfuerzos y lesiones musculares
- Golpes y cortes por el manejo de herramientas
- Heridas por objetos punzantes o cortantes
- Golpes contra objetos
- Aplastamiento por objetos o maquinaria
- Quemaduras por contactos térmicos
- Exposición a descargas eléctricas
- Atropellos o golpes por vehículos en movimiento
- Polvo, ruido, etc.

4.2. Riesgos específicos

Ahora se procederá a la identificación de los riesgos específicos existentes en cada una de las actividades que forman el proceso de ejecución de la obra y que además de los riesgos generales antes citados, solo afectan al personal encargado de cada una de estas actividades.

4.2.1. Albañilería y pintura

- Aumento de posibilidades de caídas de altura, de materiales o personas, a causa de la continua movilidad del trabajo
- Intoxicación por inhalación de vapores tóxicos
- Salpicaduras, principalmente a los ojos, de productos irritantes
- Incendios de vapores combustible

4.2.2. Transporte de materiales y equipos

- Sobreesfuerzos y lesiones musculares
- Desprendimiento y caída de la carga
- Riesgo de golpes con materiales transportados
- Atropello de personas
- Choque o vuelco entre maquinaria

4.2.3. Montaje de equipos y accesorios

- Caída de materiales por mala ejecución de maniobras de elevación y acoplamiento de los mismos o fallo mecánico de los equipos
- Caída de los materiales sobre el personal encargado del montaje
- Caídas a diferente nivel del personal encargado del montaje
- Riesgo de descargas eléctricas directas o indirectas
- Explosiones o incendios
- Cortes y heridas debidas a la manipulación de herramientas cortantes
- Quemaduras
- Proyecciones de partículas a los ojos

4.2.4. Maquinas fijas, portátiles, herramientas y cuadro eléctrico

- Contacto eléctrico directo o indirecto
- Cortes y erosiones
- Enganches
- Golpes o cortes por rebotes violentos de las herramientas
- Quemaduras
- Ambiente con polvo
- Lesiones por uso inadecuado, o malas condiciones, de máquinas giratorias o de corte
- Proyecciones de partículas

4.2.5. Medios de elevación y transporte

- Caída de la carga por deficiente anclaje
- Golpes o aplastamientos por movimientos incontrolados de la carga
- Vuelco de la grúa
- Exceso de carga con la consiguiente rotura, o vuelco, del medio correspondiente
- Fallo de elementos mecánicos o eléctricos
- Caída de personas a distinto nivel durante las operaciones de movimiento de cargas

4.2.6. Andamios, plataformas y escaleras

- Caídas de personas a distinto nivel
- Vuelcos de andamios por fallos de la base
- Derrumbamiento de andamios por fallo de los soportes de sujeción
- Vuelcos o deslizamiento de escaleras
- Caída de materiales o herramientas desde el andamio

4.2.7. Equipos de soldadura y corte

- Incendios
- Quemaduras
- Explosión de botellas de gases
- Proyecciones incandescentes

5. Medidas de protección y prevención

Se destacarán dos tipos de medidas de prevención y protección ante riesgos laborales dependiendo de si las medidas dependen de la obra en general o si dependen de los operarios encargados de ejecutarla.

5.1. Medidas de prevención y protección generales

- Se acondicionarán los terrenos destinados a la obra y tránsito de personal recogiendo escombros o materiales indeseados periódicamente para evitar tropiezos o lesiones de los trabajadores
- Si se utilizara algún tipo de andamio para la ejecución de la obra, éste sería metálico provisto de barandillas y redes para evitar caídas de personal u objetos. Si se utilizasen escaleras de mano para el montaje de equipos, deberán ser del tipo “tijera” con soportes antideslizantes y no podrán utilizarse para formar andamios
- El material eléctrico estará almacenado en lugares sin humedad y será tratado por personal eléctrico cualificado
- Las herramientas utilizadas estarán protegidas con material aislante para evitar descargas eléctricas

- Redes: Se colocarán redes a lo largo de todo el tejado, de manera que se impida la caída de personas a distinto nivel
- Líneas de vida: Se colocarán líneas de vida a las que todos los trabajadores deberán estar unidos en todo momento mientras trabajen sobre la cubierta
- El montaje de aparatos eléctricos siempre se realizará con personal especializado
- La iluminación con luces portátiles se hará mediante portalámparas estanco con mango aislante y reja de protección de la bombilla, alimentado a 220 V
- Antes de conectar la instalación eléctrica se hará una revisión en profundidad de las conexiones de mecanismos, protecciones y uniones de todos los cuadros eléctricos y aparatos
- Los cables eléctricos de alimentación tendrán aislamientos en un estado de conservación correcto. Si se hacen servir prolongaciones serán con conectores adecuados y nunca se empalmarán provisionalmente aunque se haga servir cinta aislante como protector
- Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente

5.2. Medidas de prevención y protección personales

Las medidas de prevención y protección de riesgos laborales se enfocan a la indumentaria del personal que ejecuta la obra:

- Se llevará ropa ajustada, no se llevará anillos o cadenas ni nada que conlleve la posibilidad de engancharse o atraparse
- Casco de seguridad homologado de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M.T.1 para evitar golpes en la cabeza y caída de materiales de forma accidental. Será de uso obligatorio y personal
- Botas de protección con punta de acero homologadas de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M.T.5 para evitar golpes en los pies y aislantes para evitar descargas eléctricas
- Guantes y herramientas aislantes homologados de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M.T.4 y M.T.26 para labores de conexión eléctrico
- Gafas protectoras ante proyecciones hacia los ojos homologadas de acuerdo a la Norma Técnica Reglamentaria M.T.16
- Gafas de soldadura para la utilización de la misma homologadas de acuerdo a la Norma Técnica Reglamentaria M.T.3
- Guantes de cuero o material resistente homologados de acuerdo a la Norma Técnica Reglamentaria M.T.11 para evitar cortes y quemaduras al manipular herramientas
- Cascos para la protección contra ruidos de más de 80dB homologados de acuerdo a la Norma Técnica Reglamentaria M.T.2
- Arnés o cinturones de seguridad homologados de acuerdo a la Norma Técnica Reglamentaria M.T.13 para evitar caídas desde lugares elevados
- Mascarillas protectoras homologadas de acuerdo a la Norma Técnica Reglamentaria M.T.7 para proteger las vías respiratorias frente a polvo obtenido del corte de materiales cerámicos y metálicos

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE COMPRA-VENTA A RED

- Todos estos elementos de protección personal tendrán un periodo de vida útil limitado, una vez sobrepasado este periodo, la protección que ofrecen estos elementos desaparece y deberán ser sustituidos por otros nuevos.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
PARA UNA VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD
DE COMPRA-VENTA A RED

DOCUMENTO 5. PRESUPUESTO

Sara Subiza Betelu

Tutor: Martin Ibarra Murillo

Pamplona, 24 de Julio de 2014

Índice

1.Presupuesto.....	3
--------------------	---

1. PRESUPUESTO

Módulos fotovoltaicos: Sunmodule Plus SW 250 poly	2.986,8 €
Inversor: Ingecon Sun Lite 3,3TL	1.250,2 €
Estructura soporte : Conergy Sun Top III	429,2 €
Elementos de protección: Fusiles, interruptores, seccionador...	102,2 €
Cableado y tubos	94 €
Mano de obra	504 €
SUBTOTAL	5.366,4 €
Honorarios	322 €
IVA	1.194,6 €
TOTAL	6.883 €